SPURA

SPIRA

CONOSCERE
LE MICROALGHE
ATTRAVERSO
IL BIODESIGN

Corso di Laurea in Design del prodotto industriale | A.A. 2022/2023
Dipartimento di Architettura
Alma Mater Studiorum Università di Bologna

Relatore: Prof. Michele Zannoni
Correlatori: Prof. Marco Mancuso - Akarsh Swamilingappa Annaiah
Candidato: Nicolò Baldi | 970240

SPIRA is licensed by CC BY-NC 4.0.

INDICE

00. PREFAZIONE 4

01. SCENARIO 10

02. CASI STUDIO 14
HANG SU - PHYTOSPHERE 16
ECOLOGICSTUDIO - BIOBOMBOLA 18
ECOLOGICSTUDIO - PHOTO.SYNTHETICA CURTAIN 20
SOFTROBOTICS.IO - FLOWIO PLATFORM 22

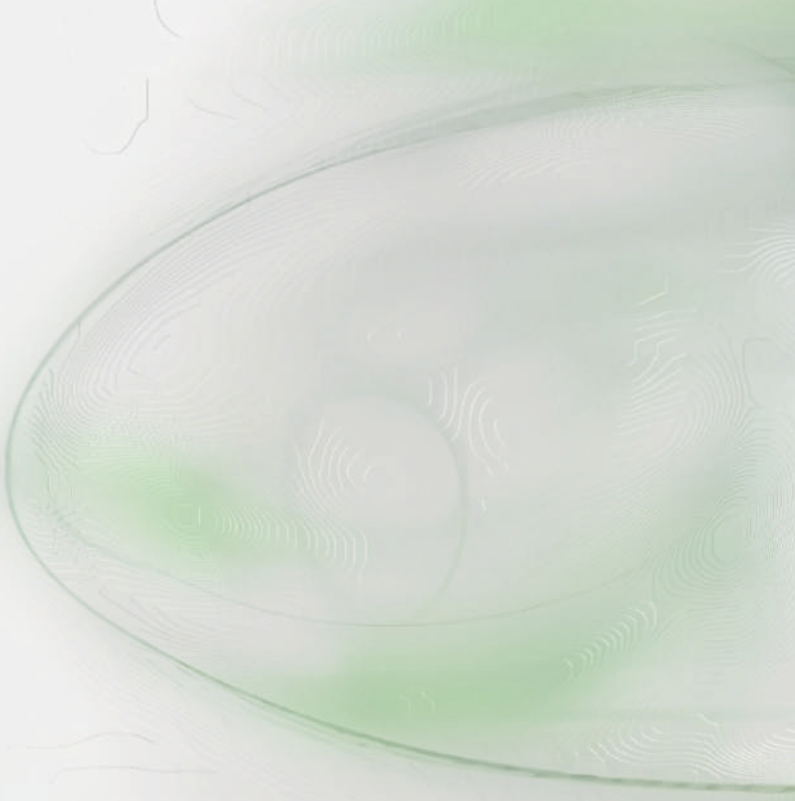
03. RICERCA 24
INTRODUZIONE 26
STATO DELL’ARTE 30
MATERIALI E METODI 34
RISULTATI E DISCUSSIONE 60

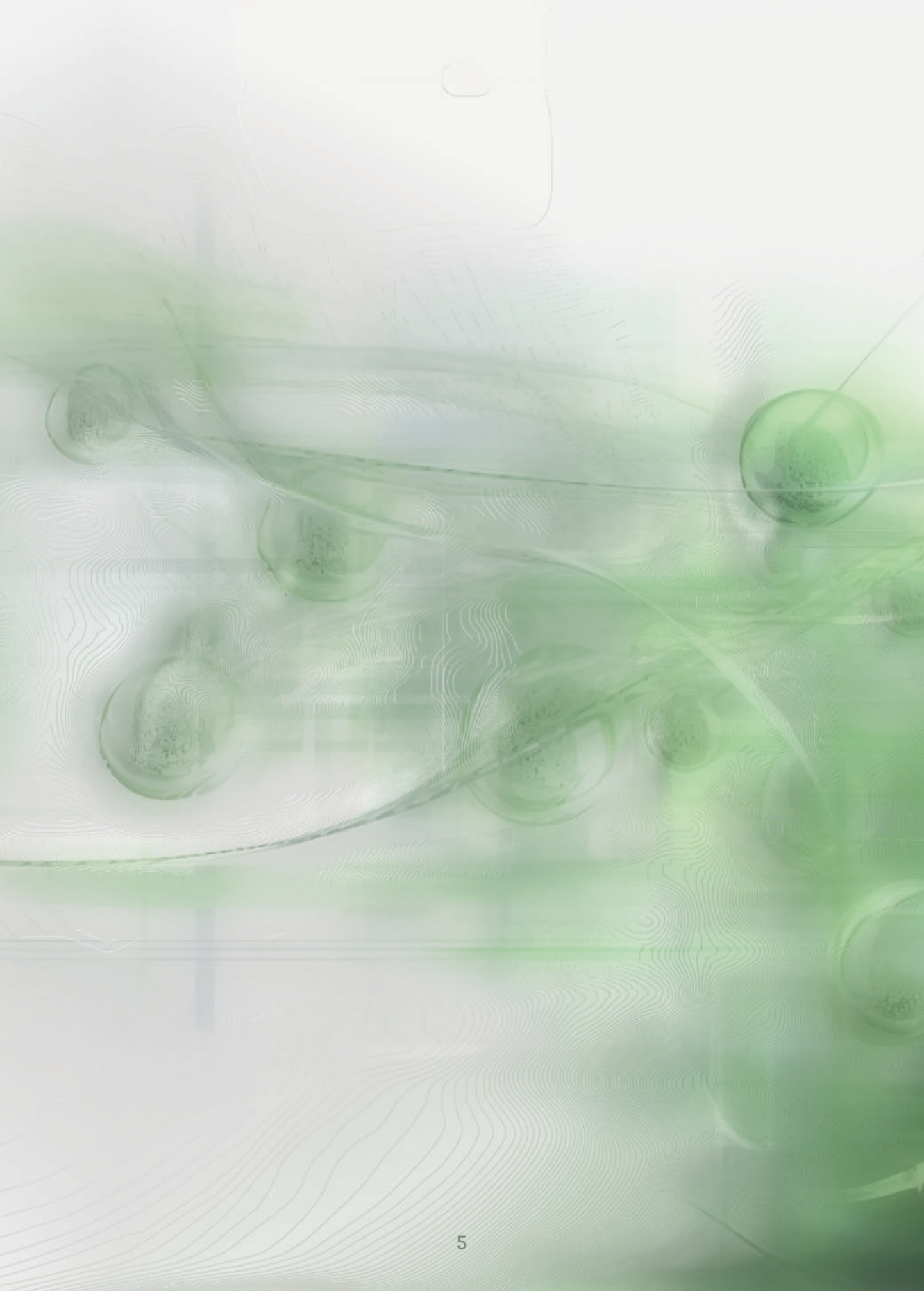
04. SPIRA 62
CONCEPT 64
TOOLKIT 66
DIY 82
SITO WEB 90
PROTOTIPAZIONE 94
IDENTITÀ 106

05. CONCLUSIONI 108
CRITICITÀ 110
SCENARI FUTURI 112

06. BIBLIOGRAFIA 114

00. PREFAZIONE





00. PREFAZIONE

Una sedia da giardino in polipropilene vivrà molto più a lungo di me e te.

Affermazioni come questa ci pongono nella condizione di riconsiderare qual è il nostro ruolo su questa biosfera in quanto esseri viventi, perché ci stimolano a ragionare su scale temporali molto più ampie rispetto a quelle che dettano la nostra quotidianità. Quella del progettista è una posizione delicata in questi termini, essendo la figura partecipe e responsabile dei processi di ideazione le cui ripercussioni verranno infine assimilate nel "mondo reale". È importante sottolineare che nessun progetto è esente da queste conseguenze, che siano esse sociali, economiche, politiche o ambientali.
E se questo è valido per ogni progettista nel senso professionale del termine, allora si estende anche ad ogni individuo, dato che nelle nostre vite siamo esseri creativi che modellano il proprio presente e futuro.

Nonostante la loro onnipresenza, la valutazione di questi criteri spesso risulta incompleta o addirittura assente. Difatti, l'errore più comune e significativo sta nel pensare che queste conseguenze si ripercuotano esclusivamente a livello umano. Questa ideologia rientra nella cosiddetta visione antropocentrica della realtà, un'interpretazione del mondo circostante come presenza al servizio unico della specie umana. Ma da dove nasce questa ideologia? E soprattutto, perché è un errore?
Ripercorrere le origini del pensiero antropocentrico è un percorso ampio e dibattuto, ma è un concetto ben sintetizzato da Timothy Morton, il filosofo che ha coniato il termine che meglio rappresenta la nostra contemporaneità: iperoggetto. L'iperoggetto designa entità di una tale dimensione spaziale e temporale da avvolgere tutto ciò che ci circonda e incrinare la nostra stessa percezione di cosa sia un oggetto. Il riscaldamento globale, la crisi pandemica e il capitalismo sono esempi di iperoggetti, poiché ci mettono drammaticamente di fronte a fenomeni troppo grandi, complessi e diffusi per essere colti dal singolo individuo. [1]

> “Ci ha sempre fatto comodo pensare che la forma a U dello scarico fosse una comoda curvatura capace di portare qualsiasi cosa si gettasse in una dimensione completamente diversa, un altrove, lasciando tutto pulito qui in superficie. Ora sappiamo come stanno davvero le cose: invece che nella terra dell’altrove i rifiuti vanno a finire nell’Oceano Pacifico in un impianto di trattamento delle acque reflue. La conoscenza dell’iperoggetto-terra e dell’iperoggetto biosfera ci pone di fronte a superfici viscose dalle quali nulla può essere tirato via con la forza; non esiste altrove su questa superficie né qui né da nessuna parte.”
> [1][T. Morton - Iperoggetti (2018) - (p.48)]

Lo stesso Morton definisce architettura e design come strumenti al servizio della nozione di “altrove”, e critiche simili erano già state messe in luce da due noti progettisti già a partire dagli anni ’70: Victor Papanek e Tomàs Maldonado.

> “Non è facile fare “piazza pulita” nell’universo degli oggetti. Sembra sia più facile produrre un oggetto che farlo scomparire: le astuzie tecniche più raffinate ci sono di aiuto fino a un certo punto. Si può tentare di ridurne le dimensioni, di comprimerlo, di smantellarlo, di frammentarlo, di riutilizzarlo di recuperarlo parzialmente come materia prima; malgrado tutto questo rimangono sempre dei residui più o meno ingombranti. In alcuni casi questi residui diventano parte della “popolazione degli inquinanti e dei fattori artificiali di erosione”. Questa popolazione non occupa gli spazi abitabili, ma li contamina, li corrode, li deteriora, li dissolve, li inaridisce: infine, li rende umanamente inabitabili.”
> [2][T. Maldonado - La speranza progettuale (1971) - (p.79-80)]

> “Mentre i problemi di progettazione sono diventati sempre più complessi con la proliferazione globale della tecnologia, l’essere umano è diventato sempre più estraneo al contatto diretto con l'ambiente biologico.”
> [3][Victor Papanek - Design for the Real World (1971) - (p.188)]

Sembra che qualsiasi tentativo di ottimizzare artificialmente l'ambiente che ci circonda si ripercuota contro di noi, causando danni esponenziali ed irreversibili.

00. PREFAZIONE

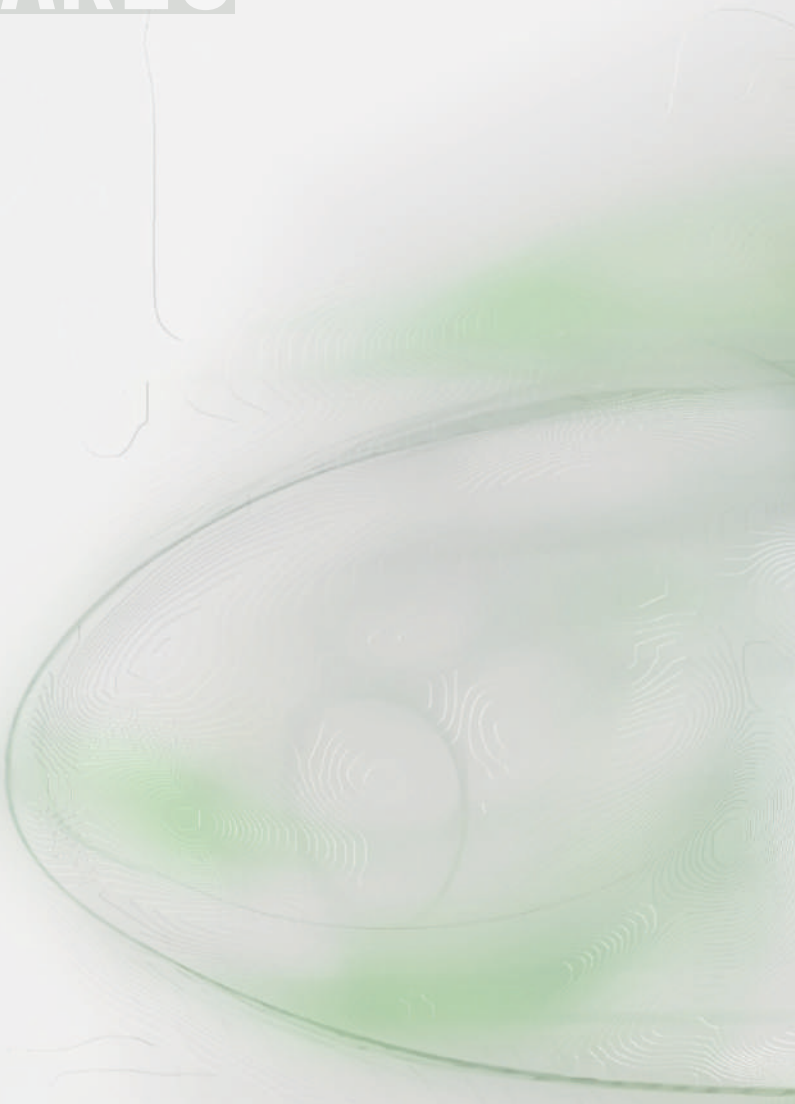
Cercare soluzioni alla crisi climatica è frustrante, umiliante, perché suscita sentimenti di profonda impotenza e ci forza a mettere in discussione ogni principio che è saldamente ancorato alla nostra logica.

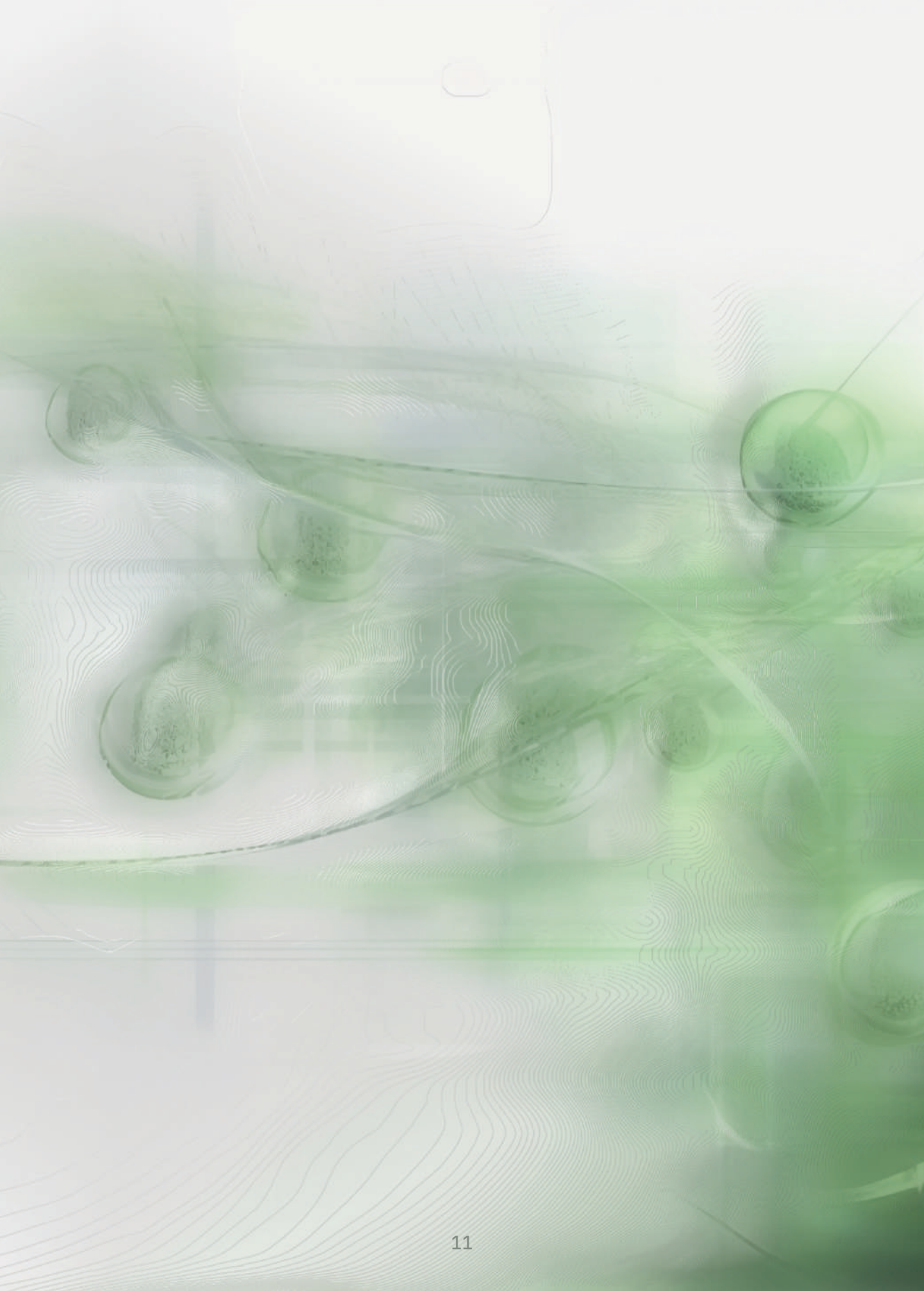
> “Trovo provocatoria l’idea di dover far spazio a tutti quegli esseri che ho sempre cercato di ignorare. Chi non si è annoiato almeno una volta del dibattito sull’ecologia?”
> [4][Timothy Morton - Humankind (2017) (p. 88)]

La crisi climatica non è altro che la manifestazione diretta della nostra incapacità di riconoscere e affrontare la nostra interdipendenza con il mondo naturale. Questo autoisolamento di specie si riflette nell'idea comune che l'essere umano viva al di fuori di ciò che concepiamo come “Natura”, l’immagine tanto romantica quanto distorta di un luogo distante ed incontaminato che viva indipendentemente dall'azione umana. Il confine netto tra umano e non-umano, artificiale e naturale è un’illusione: la "Natura" non è un altrove, ma la realtà in cui viviamo. [5]

Queste complesse relazioni sono spesso ignorate dal mondo del design. Le nostre scelte, le tecnologie che sviluppiamo e gli oggetti che progettiamo non esistono in un vuoto, ma sono parte integrante del più ampio ecosistema terrestre. Per questo motivo è urgente riconsiderare il modo in cui progettiamo, produciamo e consumiamo. È necessario abbandonare l'antropocentrismo e adottare una prospettiva più ecocentrica, che riconosca il valore intrinseco della biodiversità e l'interconnessione tra umano e non-umano.

01. SCENARIO





01. SCENARIO

Il contesto in cui si inserisce SPIRA è un mondo fragile segnato da ferite profonde, ma in cui è proprio la progettazione a stimolare nuove alleanze inaspettate e scomporre la complessità contemporanea. Questa infatti non riguarda più solo questioni estetiche o funzionali; si comporta piuttosto come un processo di evoluzione genetica, dove ogni scelta progettuale è spinta da un imperativo di sopravvivenza e resilienza. Questa progettazione promuove inoltre la collaborazione per affrontare le sfide generalizzate, sfruttando gli approcci interdisciplinari per combinare il meglio delle competenze di settori differenti.

Uno degli esempi più significativi di approcci interdisciplinari è il biodesign, che unisce scienze naturali, design, ingegneria e altre discipline per progettare ispirandosi o impiegando processi naturali. Oltre ai benefici pratici di impiegare sia la tecnica artificiale che quella biologica, la sua peculiarità è quella di promuovere la solidarietà tra le diverse forme di vita, ponendo l'accento sul rispetto e la cooperazione con esse piuttosto che un rapporto di dominazione e un controllo.
Biodesign e bioarte, inoltre, si stanno rivelando come il vettore fondamentale per convergere il mondo della ricerca scientifica e quello della conoscenza comune. Questo perché la sensibilità estetica e la persuasione narrativa sono elementi essenziali per permettere alla nicchia scientifica di emergere dalla propria gabbia, in modo da essere più percepita nel tessuto sociale. [6]

> “L'attuale diffusione di opere artistico-scientifiche avviene in un momento in cui il rapporto tra arte e scienza ha raggiunto una congiuntura critica. Questa è caratterizzata da una sfiducia generalizzata nella scienza - dovuta in parte al suo stretto rapporto con il capitale - e, allo stesso tempo, dall'urgente necessità di difendere la conoscenza degli esperti nel contesto delle "fake news" e in particolare di sostenere la verità della scienza ambientale contro i negazionisti del cambiamento climatico.”
>
> [7][Joanna Page - Decolonizing Science in Latin American Art (p.6)]

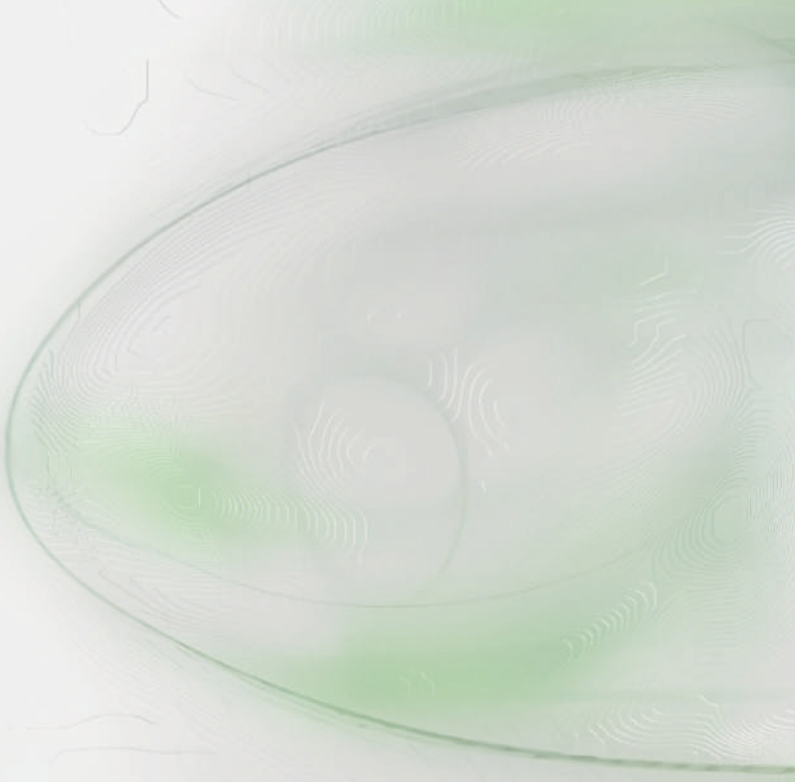
L’applicazione di approcci più creativi nel panorama scientifico -e viceversa- aiuta inoltre a stimolare ricerche trasversali che

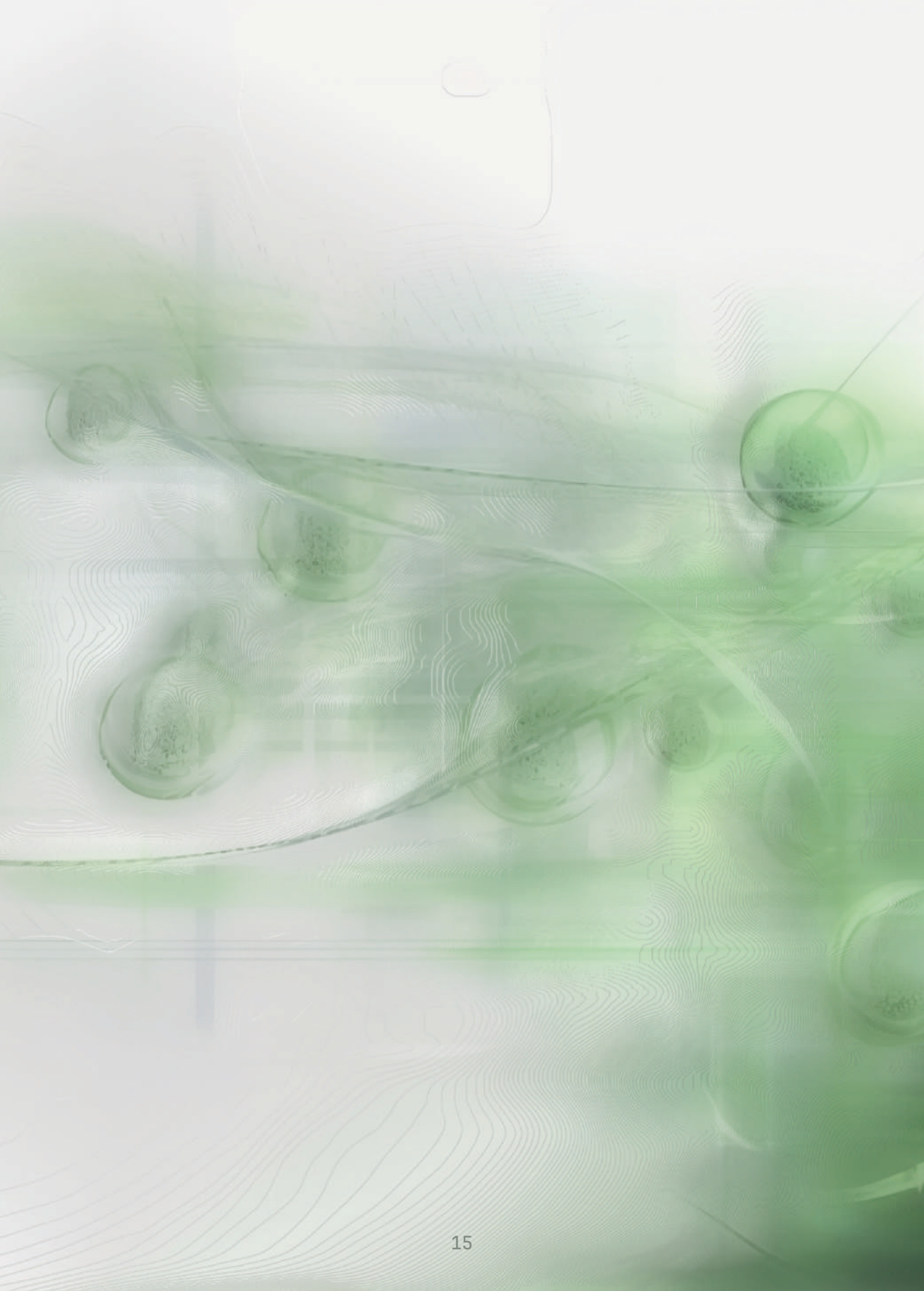
coniugano l’efficacia tecnica a forti valori etici e comunicativi. Ne sono un esempio esposizioni come "Broken Nature: Design Takes on Human Survival” in occasione della XXII Triennale di Milano, i laboratori come il MediaMatic di Amsterdam, e le opere di artisti come Gilberto Esparza e Ivan Henriques.

Ma non sono solo i progetti che seguono una logica “top-down” ad emergere da questo contesto. La passività delle istituzioni e l’insoddisfazione generale hanno condotto un’altra strategia a rivelarsi fondamentale per fronteggiare queste sfide: il Do-It-Yourself (DIY). La progettazione autonoma enfatizza infatti l'importanza dell'empowerment individuale e dell’educazione: l’obbiettivo è quello di distribuire strumenti e conoscenze necessarie per prendere decisioni consapevoli e sostenibili, sia nel contesto progettuale che nella vita quotidiana. E se l’accezione sul “farlo da sé” può sembrare esclusivamente al singolare, è importante sottolineare che gli ambienti DIY sono sempre collaborativi.
Questo perché sono possibili proprio grazie alla condivisione di informazioni e conoscenze tramite software open-access, community, librerie online, tutorial e FabLab; tutti veicoli che hanno fornito una capacità senza precedenti di assumersi un ruolo proattivo nella ricerca di soluzioni alternative.

Le potenzialità nella combinazione di questi valori apre orizzonti ancora inesplorati, e i casi studio che seguono offrono un’anteprima su come potremmo reinventare il nostro approccio alla progettazione, oggi e nel futuro prossimo.
Analogamente al mondo biologico, in cui le strategie di adattamento agli ecosistemi iniziano con modifiche sistemiche su piccola scala, questi casi di progettazione indipendente nascono per contrastare le inefficienti decisioni ecologiche e politiche che delimitano il nostro presente. Ci mostrano come sia possibile appropriarsi della scienza e portarla fuori dalla sua bolla accademica, per distribuire e conoscere gli strumenti che potrebbero renderci meno inermi di fronte alle sfide imminenti.

02. CASI STUDIO





02.1 HANG SU - PHYTOSPHERE

Phytosphere è un progetto di design speculativo che rappresenta un vero e proprio “ecosistema artificiale”, un ambiente simbiotico dove diverse specie di organismi e macchine collaborano per il proprio sostentamento.

Le sei teche, ciascuna composta da un organismo e meccanismi artificiali, sono coordinate da un computer centrale che fornisce istruzioni a ciascun ibrido per ottimizzare le condizioni di un’altro.
In particolare, il “Microalgae Hybrid” è formato da una coltura di microalga Chlorella e da un sensore di densità.
Quando questo rileva una densità di coltura più alta di un determinato valore, fa fluire i sedimenti nelle altre teche in modo da fertilizzare gli altri organismi.
Il progetto sfrutta la narrazione del design speculativo e l’approccio del biodesign per lanciare un messaggio potente: la collaborazione tra esseri umani, non-umani e tecnologia è possibile. [8]

Figura 1: Phytosphere.

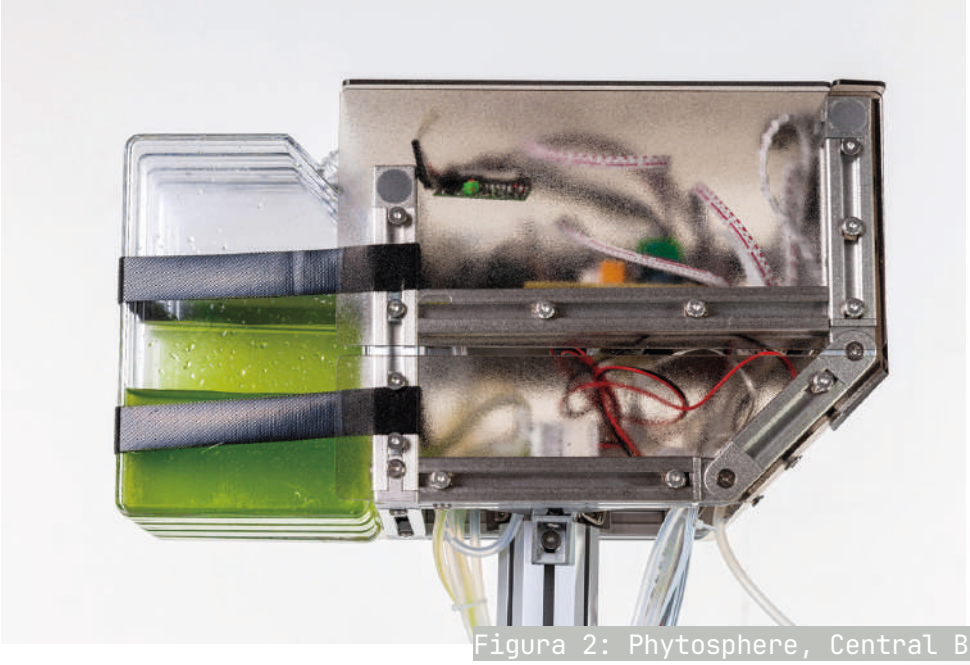


Figura 2: Phytosphere, Central Brain.

02.2 ECOLOGIC STUDIO - BIOBOMBOLA

EcoLogic Studio è formato da Claudia Pasquero e Marco Poletto, due ambasciatori del biodesign e dell'impiego delle microalghe in architettura e design.
Attualmente, BioBombola è l'unico fotobioreattore progettato da uno studio professionale con l'obbiettivo di introdurre la coltivazione di microalghe per uso domestico.
Sebbene non sia ancora presente sul mercato, BioBombola rimane indiscutibilmente un pioniere e punto di riferimento unico nel settore, fondamentale sia per mostrare le proprie potenzialità che i propri limiti.

I suoi creatori sostengono che BioBombola sia capace di assorbire l'equivalente di anidride carbonica di due giovani alberi, generando al contempo ossigeno pari a sette piante da interno, il tutto in una struttura di vetro alta 1 metro. [9]

Figura 3: BioBombola con una coltura di Spirulina.

02.3 ECOLOGIC STUDIO - PHOTO.SYNTHETICA CURTAIN

EcoLogic Studio presenta anche una versione in scala architettonica del principio del fotobioreattore.
La caratteristica più importante del progetto risiede nel tipo di materiale impiegato: per la prima volta si tratta di un film di bioplastica, e non di una struttura rigida.
Questa scelte permette una maggior leggerezza e diffusione della luce, riducendo al contempo ingombro e costi.

Questa strategia viene sfruttata per fornire un sistema di tendaggio progettato per lo spazio urbano, in modo che le proprietà fotosintetiche delle microalghe possano essere ancora più efficaci.
Photo.Syntetica Curtain stata presentata a Dublino durante il Climate Innovation Summit del 2018, con una struttura composta da 16 moduli di 2x7 metri, e un'altra versione modulare del progetto è stata invece allestita a Helsinki nel 2019.
Nonostante il progetto sia estremamente all'avanguardia, alcuni dettagli e informazioni non sono reperibili: ad esempio non è specificato come avvenga la circolazione dei microorganismi o come possa essere raccolta la biomassa. [10]

Figura 4: Photo.Synthetica Curtain (Dublino, 2018).

Figura 5: Photo.Synthetica Curtain (Helsinki, 2019).

02.4 SOFTROBOTICS.IO - FLOWIO PLATFORM

La piattaforma "Flowio" del MIT Media Lab è stata creata con l'obiettivo di diffondere e stimolare l'interesse verso la soft robotics, ovvero la progettazione di robot che impiegano materiali gonfiabili e flessibili.

Il toolkit può essere richiesto gratuitamente comunicando le intenzioni progettuali, ma sul sito web sono presenti anche tutte le indicazioni per realizzarne una propria versione autonomamente.
Questa sezione del progetto risulta molto approfondita, mostrando tutorial, file per stampa 3D e codici, ma anche ipotetiche spese e tempi di realizzazione.
L'attenzione posta in questa direzione sottolinea l'interesse nel volere trasmettere le conoscenze di una disciplina ancora troppo inesplorata. [11]

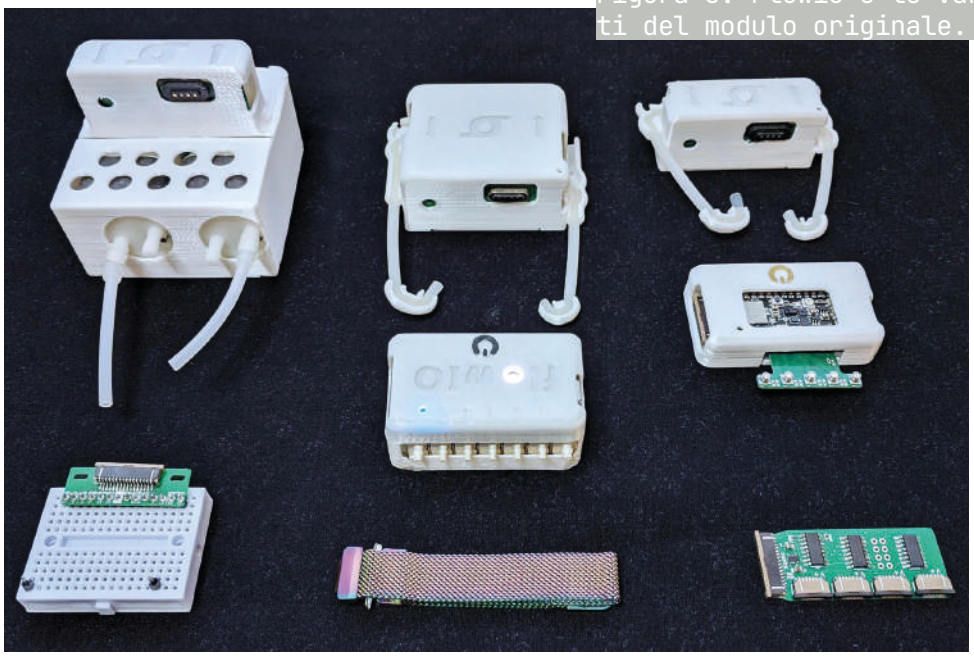


Figura 6: Flowio e le varianti del modulo originale.

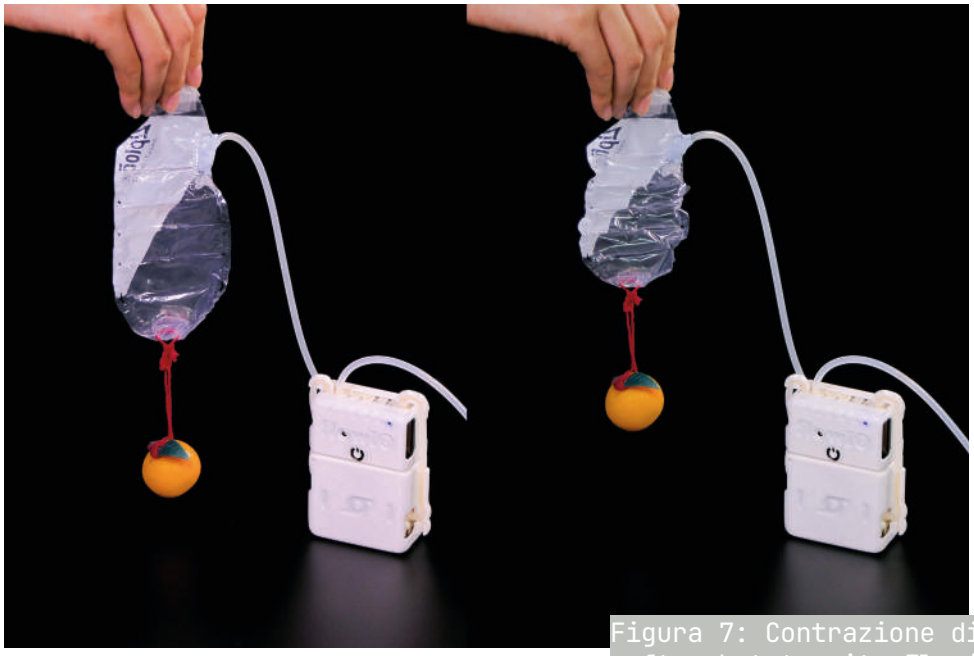
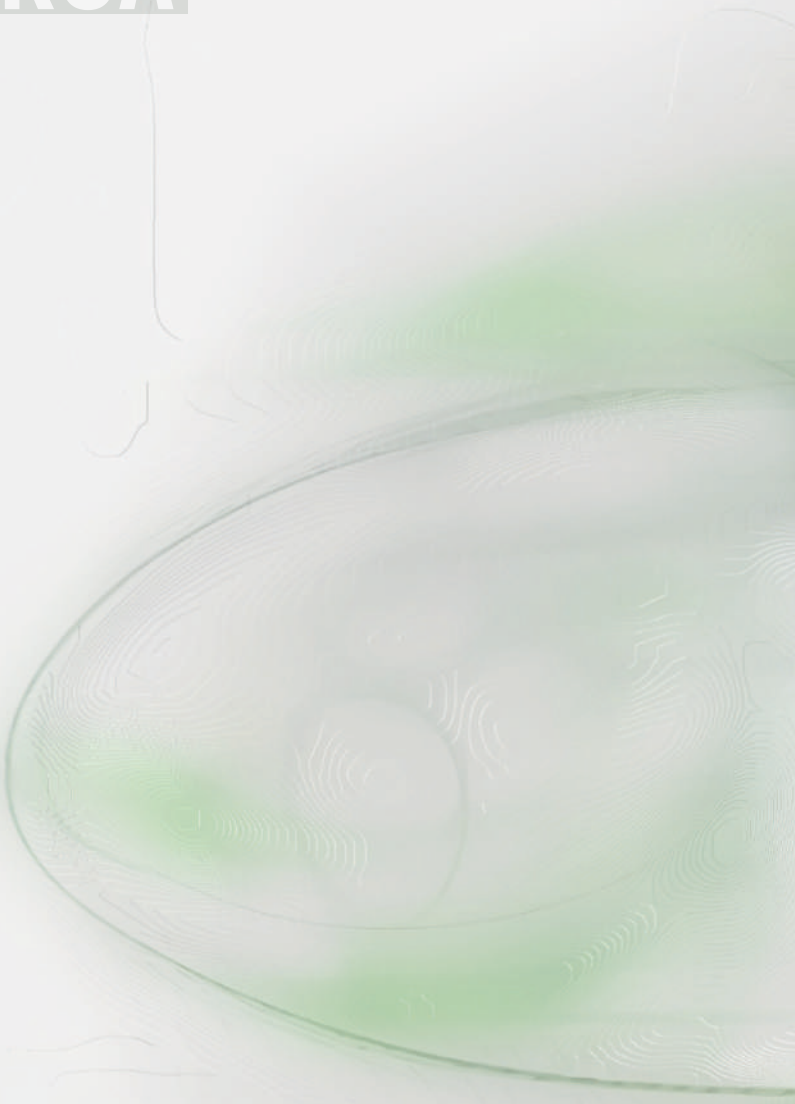
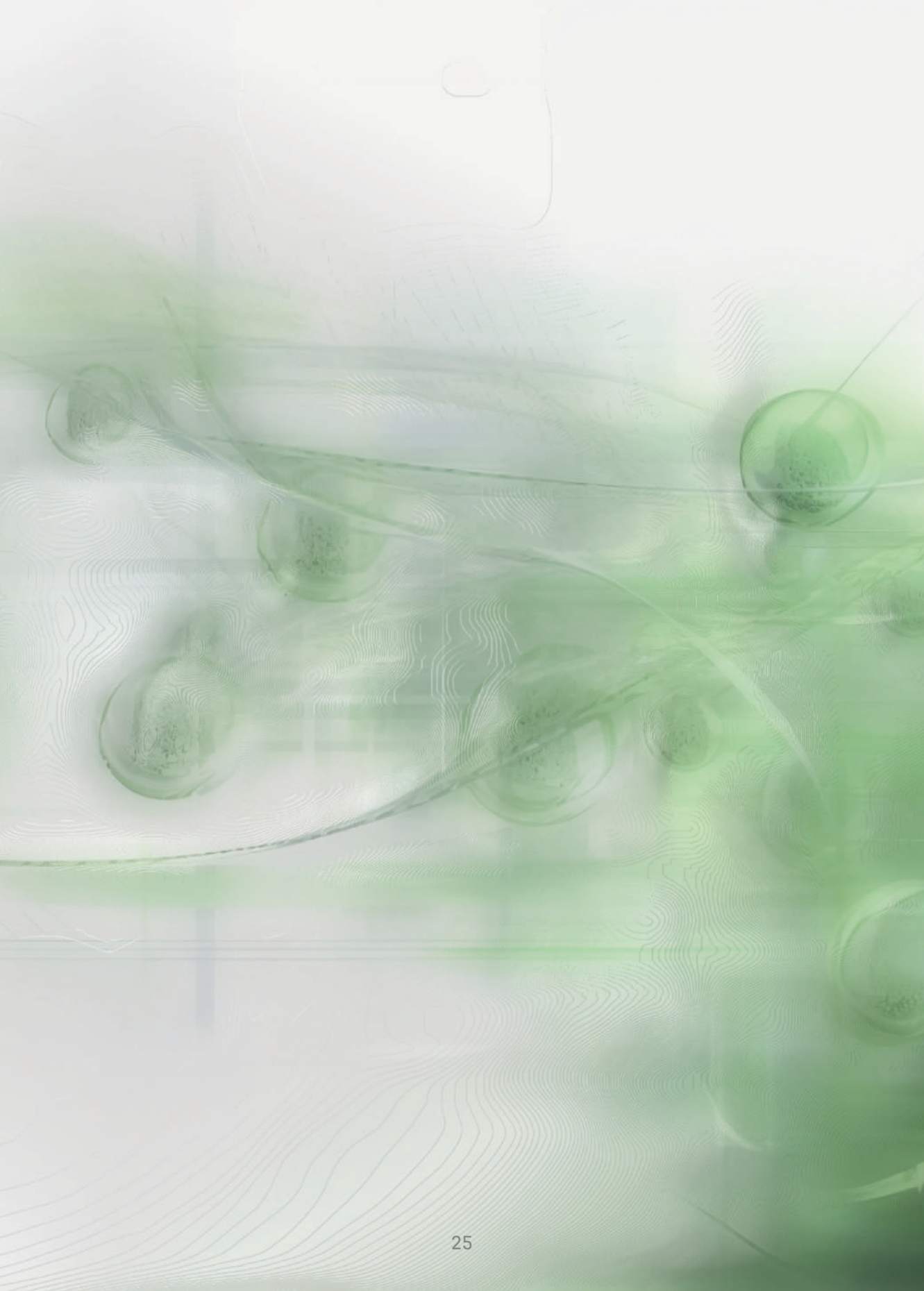


Figura 7: Contrazione di un soft robot tramite Flowio.

03. RICERCA





03.1 INTRODUZIONE

I cianobatteri sono tra le forme di vita più antiche sulla superficie terrestre. In particolare, sono stati i primi organismi fotosintetici, assumendo un ruolo primario nella GOE -Great Oxygenation Event-, un processo lungo 10 milioni di anni che ha portato all'ossigenazione terrestre e successivamente la comparsa di forme di vita complesse. [12]
È quasi ironico pensare che oggi, a distanza di miliardi di anni, proprio gli eredi di questi organismi primordiali possano fornire un importante spunto di riflessione alla specie che sta cambiando in modo indelebile la storia geologica.

Microalghe e cianobatteri -racchiusi sotto il nome di fitoplancton-, producono il 60-75% di ossigeno che noi e gli altri animali respiriamo, più di qualsiasi altra distribuzione vegetale sulle terre emerse. Sono alla base della catena alimentare acquatica e la loro incredibile biodiversità -si stimano circa 72.500 specie diverse, il doppio delle piante- le rende ampiamente distribuite nei diversi ecosistemi e un complesso ambito di ricerca per lo più inesplorato. [13][14]

La storia umana e quella delle microalghe si intreccia però solamente intorno al 1300, nel Messico centrale, quando gli Aztechi iniziano a raccogliere e consumare una sostanza verde che cresce sulla superficie del lago alcalino Texcoco: la Spirulina. Gli Aztechi intuiscono le potenzialità nutritive di questo alimento, e dopo aver fatto essiccare il raccolto, cucinano una torta piatta dal nome "tecuitlatl" che spesso consumano proprio in occasione di grandi sforzi fisici. Ma durante il 16esimo secolo la "melma verde" non viene apprezzata dai coloni spagnoli, che quindi prosciugano la maggior parte dei laghi locali portando alla quasi totale scomparsa di questa pratica e delle relative conoscenze. [15]

La ricerca e la commercializzazione delle microalghe riprenderà solamente a partire dal 1970, e grazie ai progressi delle biotecnologie l'interesse verso questi organismi ha rappresentato un trend in crescita. Da allora le microalghe e la loro biomassa vengono studiate per le loro capacità nutritive, farmacologiche e fotosintetiche, oltre alle loro applicazioni come biocarburanti e fertilizzanti.

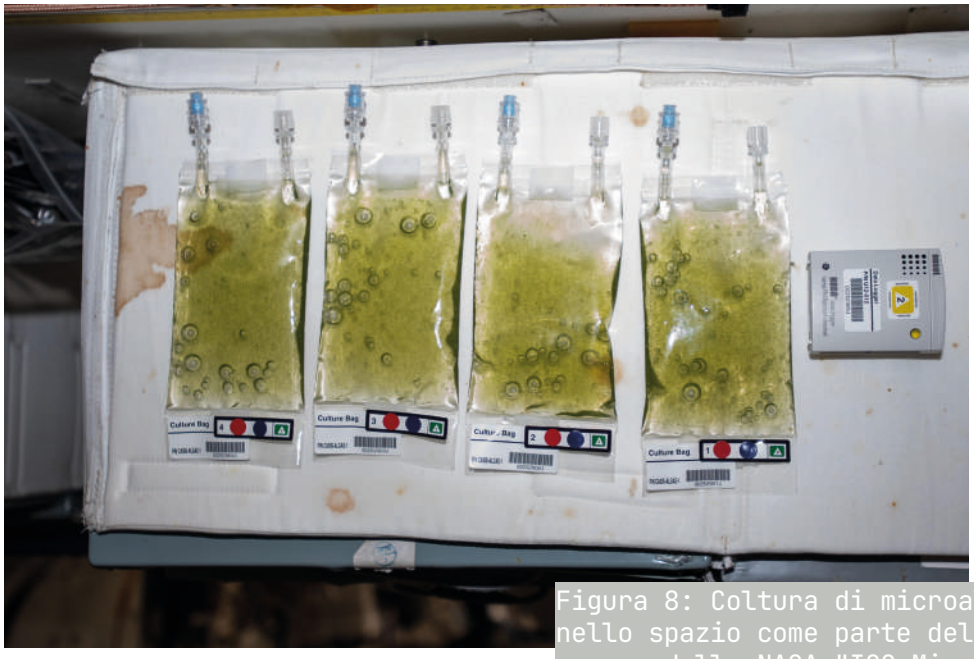


Figura 8: Coltura di microalghe nello spazio come parte del programma della NASA "ISS Mission: Microalgae", 2019

Oggi, è però una loro caratteristica in particolare a spiccare tra tutte: la capacità di assorbire anidride carbonica. A partire dall'era industriale, la concentrazione di CO_2 nell'atmosfera non ha fatto altro che aumentare: se tra l'anno 1000 e 1750 la concentrazione era di circa 275 ppm (parti per milione), nel XX secolo era di 295 ppm e nel 1950 di 310 ppm. Questa tendenza viene descritta dalla Curva di Keeling, che nel 2015 ha registrato per la prima volta in almeno 800.000 anni un valore superiore alle 400 ppm. [16]

A Luglio 2023, la concentrazione media di CO_2 nell'atmosfera è di 421.76 ppm. [17]

Di questo passo si stima che entro la fine del secolo la CO_2 atmosferica possa superare le 1000 ppm, un valore al quale le capacità cognitive umane crollano del 21% e che già viene registrato in ambienti chiusi o poco ventilati come abitazioni o uffici. [16] L'aumento di CO_2 è la causa principale del riscaldamento globale per azione antropica, dovuto per il 91% dall'utilizzo dei combustibili fossili e per il 9% dall'utilizzo terrestre; inoltre, l'anidride carbonica è altamente longeva, tanto che anche se la sua emissione venisse interrotta domani, gli effetti della sua presenza continuerebbero comunque per centinaia di anni. [18][19]

La capacità delle microalghe di assorbire questo gas potrebbe giocare un ruolo chiave per adattarci ai grandi cambiamenti a cui dobbiamo fare fronte, oggi e in futuro. [20]
La loro elementare struttura cellulare gli permette di essere organismi fotosintetici molto più efficienti rispetto alle piante. Possono crescere in acqua salata, dolce, altamente alcalina e purificare acque di scarto e quindi possono essere

coltivate senza impiegare area terrestre. [13]
La seguente ricerca documenta un tentativo di immergersi nella conoscenza di questi organismi in prima persona al confine tra il DIY e la ricerca scientifica.

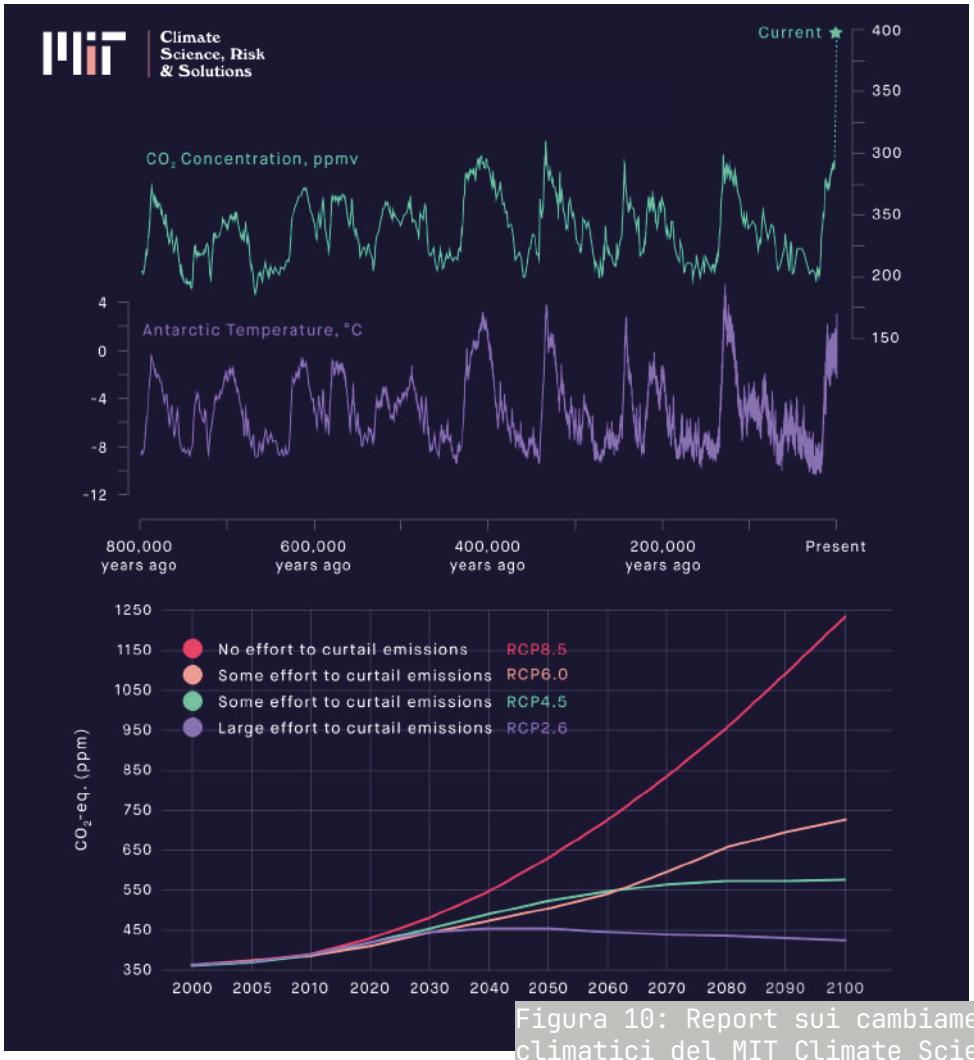


Figura 10: Report sui cambiamenti climatici del MIT Climate Science, Risk & Solutions (2023).

03.2 STATO DELL'ARTE

La coltivazione di microalghe avviene all'intero di strutture chiamate fotobioreattori, caratterizzati da elementi in ingresso -luce, anidride carbonica, nutrienti- e in uscita -ossigeno, biomassa-. [21]

I fotobioreattori sono classificati in aperti, simili a degli stagni, e chiusi, strutture trasparenti dove la comunicazione con l'aria esterna avviene solamente attraverso piccole fessure. Nel corso di questa ricerca, ci si soffermerà solamente sui fotobioreattori chiusi. [22]
Mentre i fotobioreattori aperti consentono una coltivazione di massa e più economica, quelli chiusi garantiscono un ambiente più controllato e sicuro per la crescita delle microalghe, offrendo una maggior protezione da agenti patogeni.

La più grande criticità a cui vanno incontro i fotobioreattori chiusi sono i costi di produzione e manutenzione.
Spesso l'utilizzo di un fotobioreattore chiuso coincide infatti con quello di luce artificiale -sebbene non sia obbligatoria- e quello di pompe per iniettare l'anidride carbonica all'interno della coltura. [23]
Questi fattori tendono a rendere inefficienti i fotobioreattori chiusi in grande scala sia in termini energetici che per un sistema carbon negative -ovvero capace di assorbire una quantità di CO_2 superiore a quella necessaria per la sua produzione e mantenimento-. Quest'ultimo aspetto è solitamente ignorato dalle coltivazioni in larga scala in quanto non produce alcun valore per il sistema economico dell'attività.

Nonostante ciò, le microalghe e la loro biomassa hanno molteplici applicazioni commerciali, che vengono descritte dallo schema alla pagina seguente.

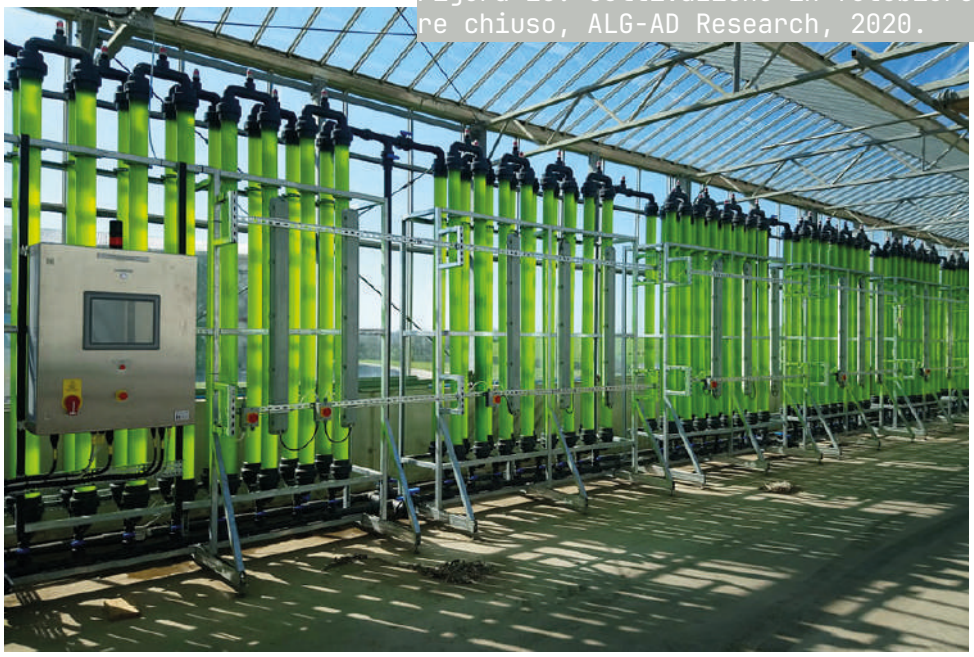


Figura 10: Coltivazione in fotobioreattore chiuso, ALG-AD Research, 2020.

Figura 11: Coltivazione in fotobioreattore aperto, Merredin, Australia, 2015.

03. RICERCA - STATO DELL'ARTE

Un’ambito di studio particolarmente promettente è quello dei biocarburanti di terza generazione ottenuti dalla biomassa delle microalghe, poiché il 10-45% di ossigeno che contengono viene liberato durante la loro combustione, al contrario dei tradizionali carburanti a base di petrolio che non ne contengono affatto. [24]

La ricerca sulle microalghe è allo stesso tempo promettente per quanto carente di attenzione. Difatti, è sufficiente fare capolino nel settore per capire quanto sia la comunità scientifica che gli individui domandino un maggiore interesse verso questi organismi e le loro proprietà.

Mentre gli studi sottolineano la necessità di ridurre i costi e promuovere l'uso delle microalghe in spazi pubblici e privati per diffonderne la conoscenza, online fruttano numerosi progetti DIY sulla materia; è un rarissimo caso in cui il numero di progetti indipendenti supera persino quelli disponibili sul mercato. [25][26]
Tuttavia, nonostante la relativa abbondanza di informazioni, mancano dei punti di riferimento e delle linee guida per chi si vuole addentare in questa pratica, rimanendo un ambito di nicchia sconosciuto ai più.

Questo tema assume un ruolo fondamentale anche in relazione con design e architettura, visto che le applicazioni della biomassa in questi ambiti non sono ancora sufficientemente studiate, a differenza di altri sistemi sostenibili più consolidati come energia solare o eolica. Questo limita l’idea di una progettazione davvero impegnata nel trovare soluzioni sostenibili e la vincola ai soli trend di mercato.

Inoltre proprio design e architettura possono essere strumenti unici per incrementare la consapevolezza pubblica sfruttando le proprie strategie estetiche e comunicative. [26]

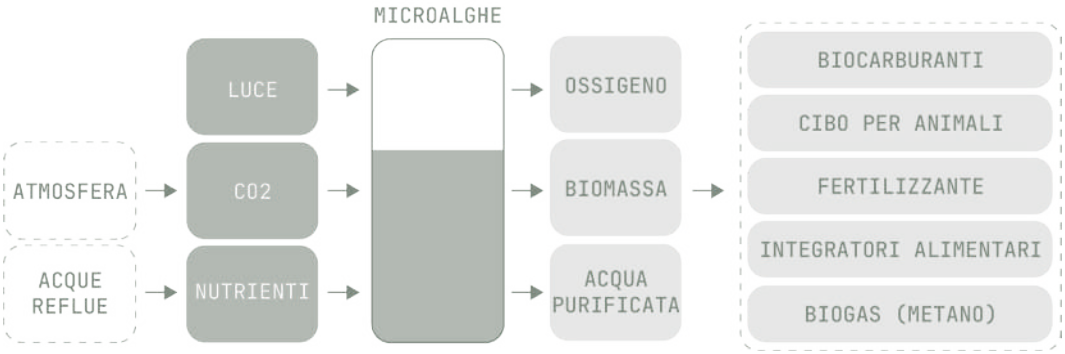


Figura 12: Processo della lavorazione delle microalghe [24].

03.3 MATERIALI E METODI

FASE PRELIMINARE
Per la coltura si è scelto di impiegare due tra le microalghe più diffuse sul mercato:

- ARTHROSPIRA PLATENSIS (SPIRULINA): La Arthrospira Platensis è un cianobatterio, comunemente riconosciuto come alga blu-verde dal nome Spirulina. Ha una struttura pluricellulare (50-500 micron) che assume una forma a spirale, da cui prende il nome. Cresce tra i 25 e 35 °C, e il PH ottimale è tra 8 e 10. [27]
- CHLORELLA VULGARIS: È un'alga verde unicellulare (2-10 micron). Può sopravvivere a temperature che vanno dai 5 ai 30 °C, e il PH ottimale è tra 7 e 8. [23]

I due campioni da 200ml l'uno sono stati acquistati online e conservati in frigorifero per due settimane prima di iniziare la coltura.

Nel frattempo, è stato allestito il fotobioreattore designato: un acquario suddiviso da un foglio di acrilico per ospitare entrambe le specie in due teche dalla capacità di 6L l'una. Per avere una coltura più stabile, si è scelto di fornire un'illuminazione artificiale alle microalghe: sono stati quindi installate una serie di strisce LED considerando i 6000K come temperatura di luce ideale per la crescita. [21] Nel vano posteriore si fa invece di uso di due pompe da 6V che tramite alcuni tubi da acquario da 4mm forniscono l'anidride carbonica atmosferica alle microalghe; al termine dei tubi sono installate delle airstone, dei diffusori che nebulizzano l'aria in ingresso per favorire l'assorbimento della CO2 da parte delle microalghe. [23]

Infine, per monitorare i valori di temperatura e umidità interni, si fa uso di un Arduino UNO e di un sensore DHT11 che mostrano i dati in tempo reale su un monitor LCD posizionato nella parete frontale dell'acquario.

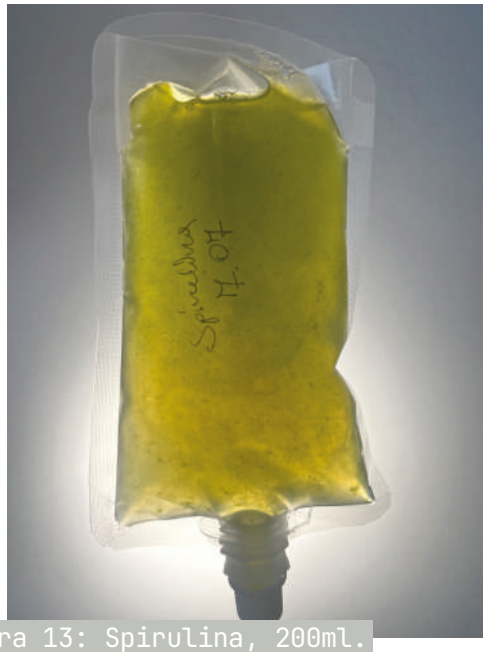


Figura 13: Spirulina, 200ml.

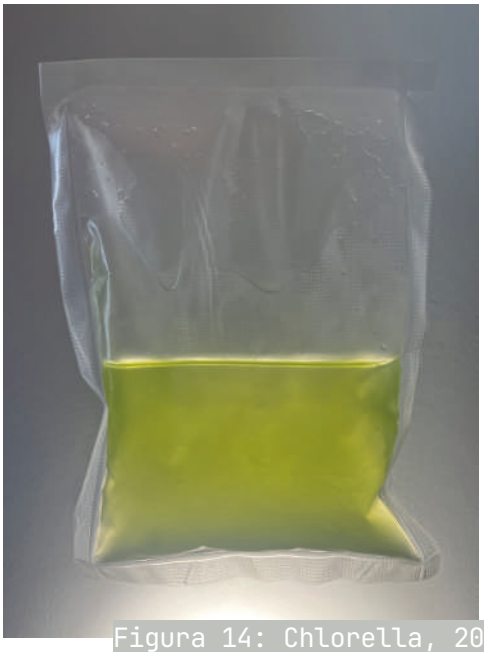


Figura 14: Chlorella, 200ml.

NUTRIENTI

Una volta assemblata la struttura, si passa alla preparazione della coltura. Per prima cosa, l'interno dell'acquario viene sanificato con un detergente per superfici alimentari e risciacquato più volte per eliminare i residui.
Segue la preparazione dei nutrienti necessari: si sceglie di seguire gli ingredienti del "Zarrouk's Medium", il medium di coltura più diffuso per le microalghe, e di usare una soluzione di 3L ciascuna. [28]

INGREDIENTE	g/L	g/3L	SPIRULINA	CHLORELLA
NaNO3	2.5	7.5	7.53	7.61
K2HPO4	0.5	1.5	1.56	1.54
K2SO4	1	3	3.13	3.08
NaCl	1	3	3.04	3.05
MgSO4.7H2O	0.2	0.6	0.61	0.62
CaCl2.2H2O	0.04	0.12	0.12	0.12
FeSO4.7H2O	0.01	0.03	0.03	0.03
EDTA	0.08	0.24	0.24	0.25
NaHCO3	50.4	50.4	50.22	50.11

Tabella 1: Gli ingredienti del medium con le relative dosi.

Gli ingredienti vengono pesati e mischiati opportunamente, per poi essere versati nell'acquario.
Le microalghe vengono rimosse dal frigorifero e si attende che si adattino alla temperatura ambientale prima di versarle all'interno delle rispettive teche. A questo punto viene

inserito il coperchio superiore e si passa alla verifica del le condizioni di vita: temperatura e pH. Quest'ultimo viene misurato tramite delle comuni cartine tornasole e regolato con del bicarbonato di sodio (NaHCO3) -per alzare il pH- e dell'acido solforico (H2SO4) -per abbassarlo-.

Figura 15: I sali nutritivi necessari per il medium di coltura.

03. RICERCA - MATERIALI E METODI

COLTURA

Già dai primi giorni di coltura si nota come la Spirulina assuma un insolito colore giallastro, questo perché in realtà la coltura è stata ricevuta già parzialmente danneggiata a causa dell'eccessivo calore ricevuto durante la spedizione. Sarà per questo motivo infatti che la Spirulina impiegherà più tempo per adattarsi alle condizioni del fotobioreattore e ad assumere la tipica tonalità blu-verde.
La Chlorella invece diventa gradualmente più densa e verdastra, fino a che dopo meno di una settimana si iniziano a vedere i primi sedimenti di biomassa sul fondo della teca.
Dopo circa 10 giorni, finalmente anche la Spirulina inizia a rinvigorirsi con un colore verde chiaro.
Una volta a settimana vengono forniti regolarmente i nutrienti in una soluzione da 500ml mischiando la coltura per migliorare la distribuzione nel volume della teca. Viene anche aggiunta una tanica con una nuova coltura di Spirulina sana e vengono effettuate delle modifiche al fotobioreattore per ottimizzare la sua utilità ed efficienza energetica.

Innanzitutto si procede col ridurre le dimensioni delle componenti elettroniche, così l'Arduino UNO viene sostituito da un Arduino NANO con modulo WiFi per trasmettere i dati all'applicazione Arduino IOT. Inoltre lo schermo LCD viene sostituito da un OLED che tramite un bottone posizionato a lato della struttura visualizza il logo del progetto, temperatura e umidità in tempo reale e un grafico che mostra l'andamento della temperatura nelle ultime 12 ore.
Si sceglie poi di fare uso di una singola pompa, più che sufficiente a fornire anidride carbonica a ciascuna teca.
Inoltre si fa in modo che un singolo alimentatore da 5V possa alimentare i LED, la pompa e l'Arduino NANO, migliorando considerevolmente il consumo del sistema.

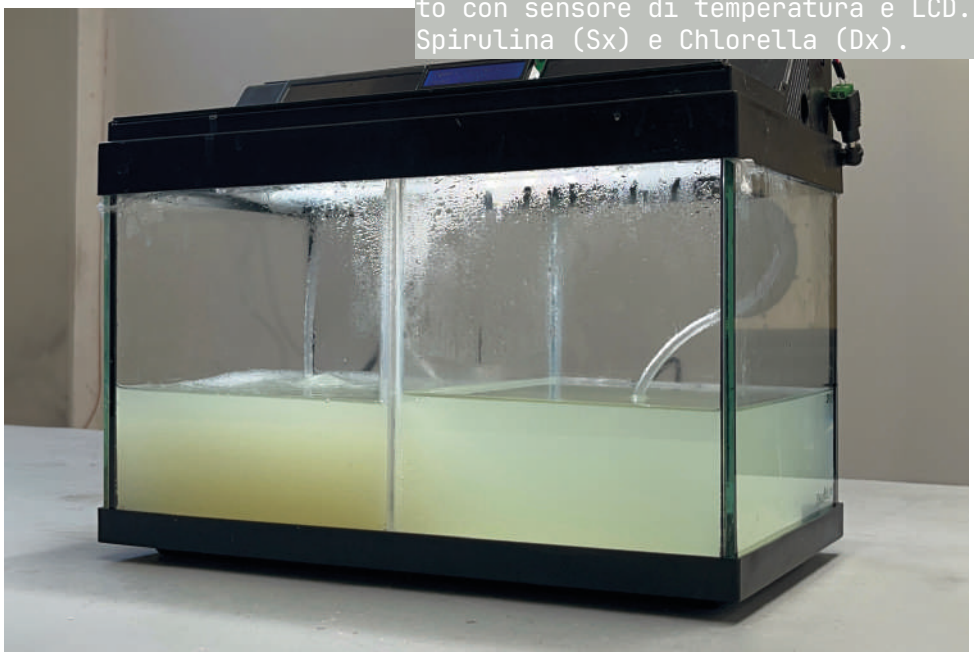


Figura 16: Il fotobioreattore equipaggiato con sensore di temperatura e LCD. Spirulina (Sx) e Chlorella (Dx).

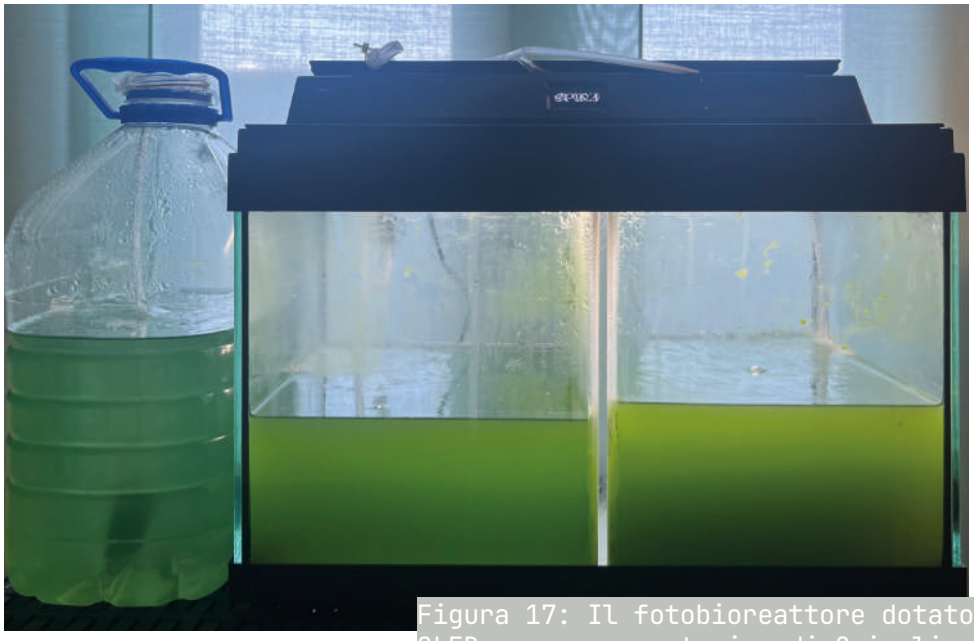
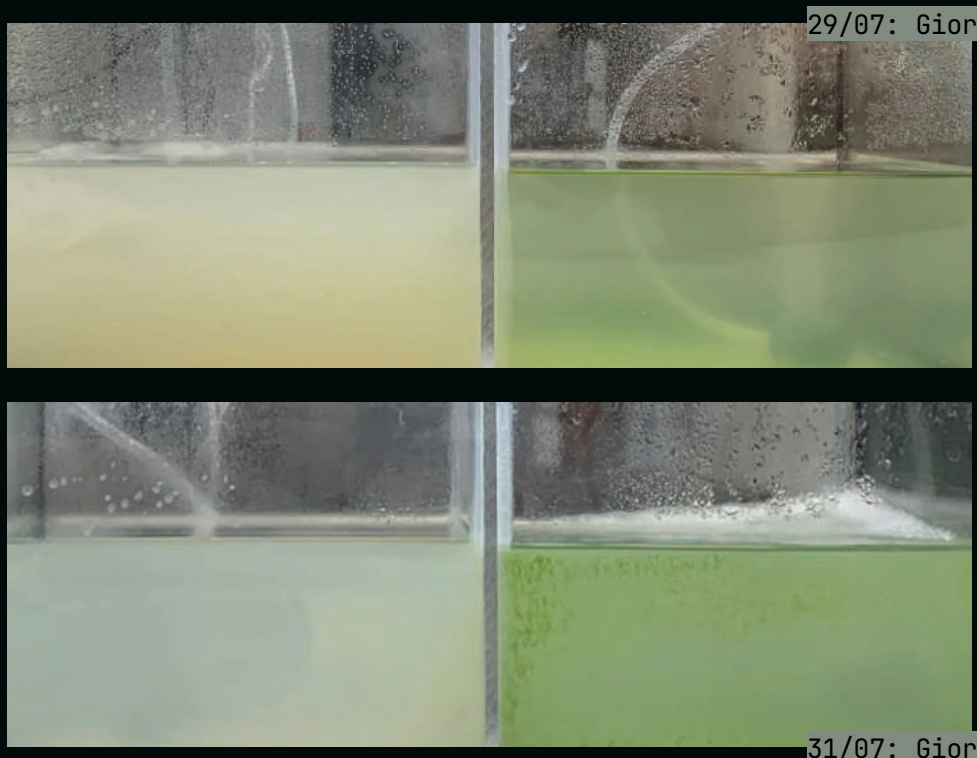


Figura 17: Il fotobioreattore dotato di OLED e una nuova tanica di Spirulina.

26/07: Giorno 00

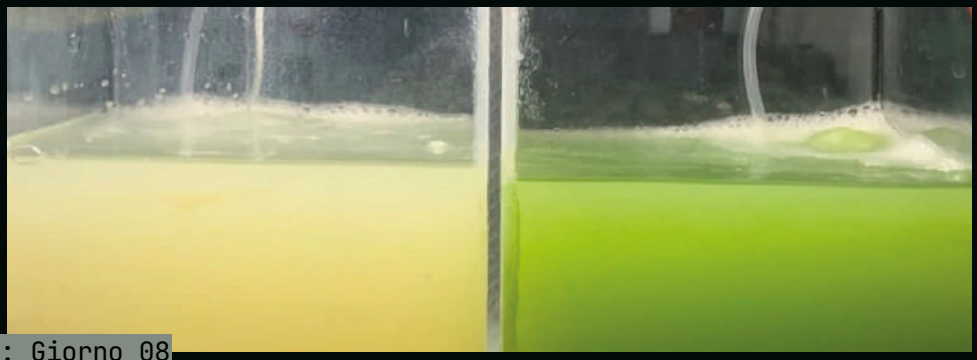
27/07: Giorno 01



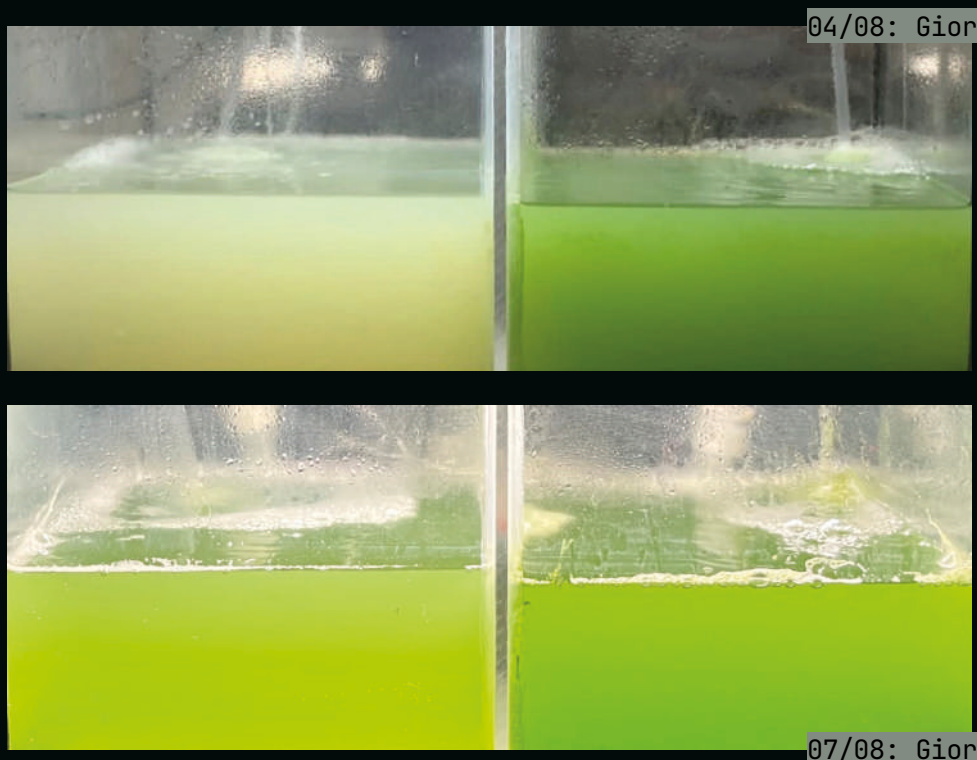
29/07: Giorno 03

31/07: Giorno 05

01/08: Giorno 06



03/08: Giorno 08



04/08: Giorno 09

07/08: Giorno 12

RACCOLTA BIOMASSA

Dopo esattamente quattro settimane dall'inizio della coltura si procede con la raccolta di biomassa, dato che durante la mescolazione si potevano notare buone quantità di sedimenti all'interno delle teche. Si sceglie quindi utilizzare un filtro di 5µm, ottimo per filtrare sia la biomassa della Chlorella che quella della Spirulina. Per la prima raccolta vengono filtrati solamente 500ml di coltura: il filtro viene posizionato su un imbuto e si effettuano diversi cicli fino a che non si notano più sedimenti all'interno del liquido.

La biomassa rimasta sul filtro viene raccolta con un cucchiaino e posta all'interno di un piccolo contenitore di plastica, poi conservato in frigorifero. Si sceglie di conservare anche il liquido filtrato, che potrebbe essere reinserito nell'acquario ma che in questo caso viene sostituito da dei nuovi nutrienti per incentivare la nuova formazione di biomassa.

MICROALGA	CAMPIONE (mL)	BIOMASSA UMIDA (g)	BIOMASSA SECCA (g)	RAPPORTO (%)
SPIRULINA	500	14.3	0.20	1.4
CHLORELLA	500	12.6	0.15	1.2

Tabella 2: Dati sulla prima raccolta di biomassa.

Dal processo sono risultati circa 12.6g di biomassa umida per la Chlorella e 14.3g per la Spirulina. Questi campioni sono stati successivamente fatti essiccare in forno per un'ora alla temperatura di 80 °C, ottenendo una biomassa secca di 0.20g per la Spirulina e 0.15g per la Chlorella. La biomassa

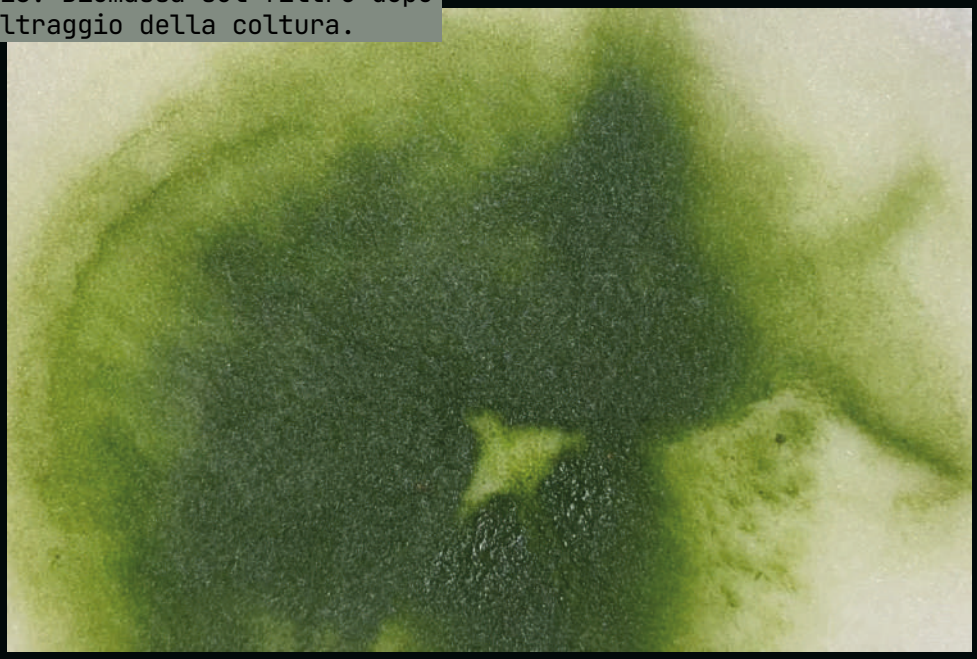
è ora pronta per essere consumata, mentre il liquido filtrato è eccellente per l'utilizzo come fertilizzante.

Dopo ulteriori quattro settimane, la coltura ha assunto una tonalità decisa di verde scuro, pertanto la biomassa viene nuovamente raccolta, filtrando questa volta 1,5L per ogni tanica. Dal processo si ottengono 31,6g di biomassa umida per la Chlorella e 62,3g per la Spirulina. In questo caso, si decide di essiccare il raccolto al sole per evitare il deperimento del materiale: la Chlorella impiega circa 6 ore per asciugarsi, mentre la Spirulina ne richiede 8. Si raccolgono quindi 1,38g di biomassa secca per la Chlorella e 1,73g per la Spirulina.

MICROALGA	CAMPIONE (mL)	BIOMASSA UMIDA (g)	BIOMASSA SECCA (g)	RAPPORTO (%)
SPIRULINA	1.500	62.3	1.73	2.7
CHLORELLA	1.500	31.6	1.38	4.3

Tabella 3: Dati sulla seconda raccolta di biomassa.

Fig. 18: Biomassa sul filtro dopo il filtraggio della coltura.



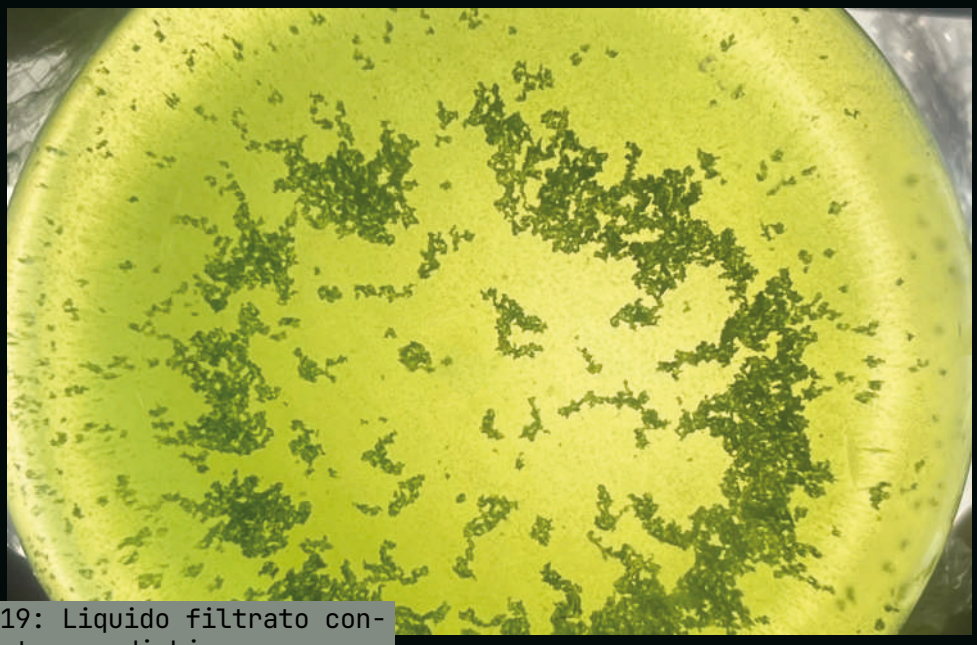


Fig. 19: Liquido filtrato contente tracce di biomassa.

Fig. 20: Biomassa rimossa dal filtro grazie ad un cucchiaino.

Fig. 21: Rilascio di ossigeno della biomassa essiccata al sole.

ESPERIMENTO

A questo punto si decide di condurre un esperimento per valutare l'efficacia delle microalghe nell'assorbire l'anidride carbonica. L'obiettivo del test è dimostrare che, in un ambiente con alta concentrazione di CO_2, l'attività delle microalghe può contribuire significativamente a ridurne il livello.

Viene quindi progettata una struttura ermetica all'interno della quale viene collocato il fotobioreattore. L'ipotesi è che, posizionando una candela accesa all'interno per generare un elevato livello di CO_2, l'attività delle microalghe contribuirà a ridurlo gradualmente. Dato che non c'è scambio di gas tra l'interno della struttura e l'ambiente esterno, se il livello di CO_2 diminuisce, è perché le microalghe lo stanno consumando per produrre ossigeno.

Vengono così posizionati due sensori di CO_2 infrarossi MHZ19B a due altezze diverse per garantire maggiore accuratezza: il sensore 1, posizionato più in alto, rileva dati dal valore più elevato poiché il gas tende a salire, mentre il sensore 2 è posizionato sul pavimento interno della struttura. Si misurano quindi i valori di entrambi i sensori a partire dal picco di 5000ppm (il massimo rilevabile dai sensori), raggiunto quando la combustione della candela ha consumato tutta l'aria presente all'interno della struttura.
I dati vengono registrati sul monitor seriale dell'Arduino ogni ora per le successive 25 ore.

Figura 22: Scherma riassuntivo del test.

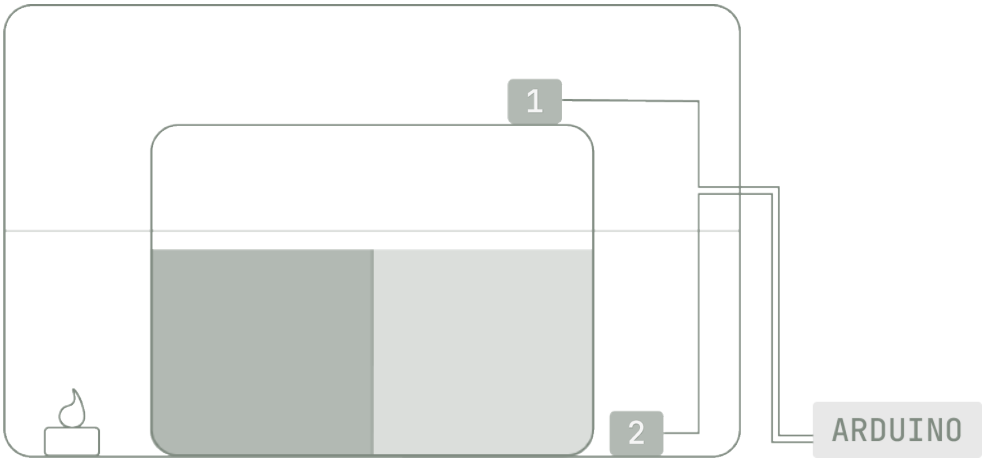


Figura 23: Allestimento del fotobiore-attore nel box e lettura dei dati.

ANALISI AL MICROSCOPIO

Al termine della fase di ricerca, è seguita un'analisi dei campioni di microalghe estratti dal fotobioreattore utilizzando un microscopio ottico.

Ogni campione è stato accuratamente collocato su un vetrino preparato per l'osservazione. Mediante ingrandimenti che variano da X1 a X6.3, è stato possibile identificare le strutture pluricellulari della Spirulina, osservare le formazioni di biomassa e analizzare il processo mediante il quale vengano generate le bolle di ossigeno.

Figura 24: La postazione in FabLab Pesaro per gli scatti al microscopio.

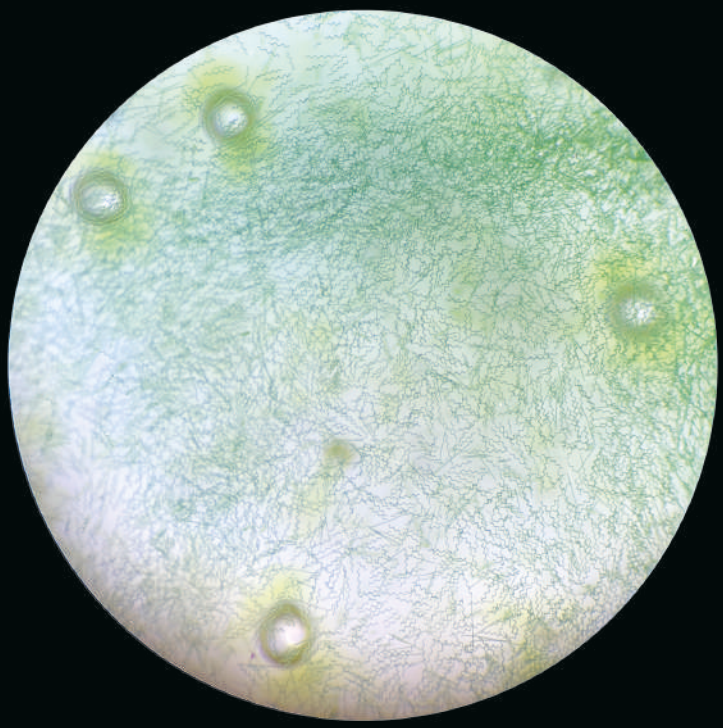
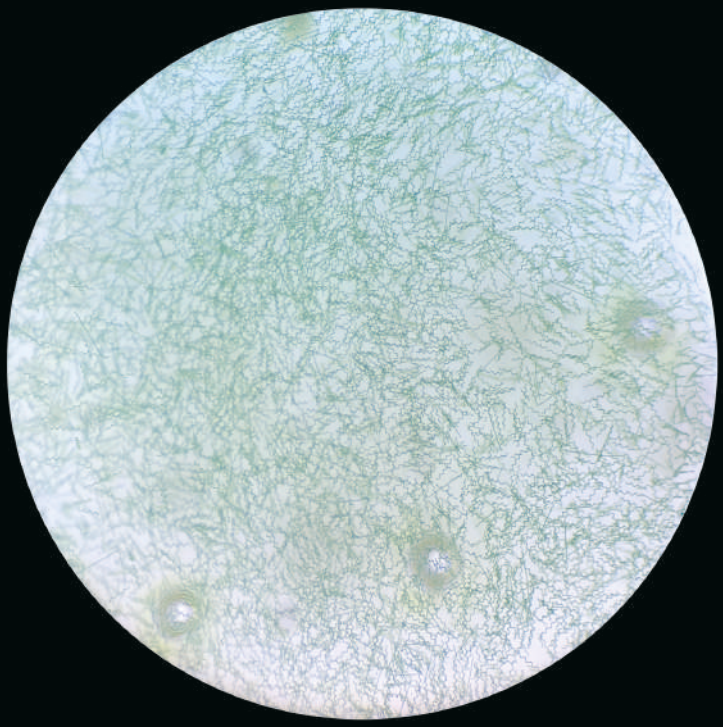
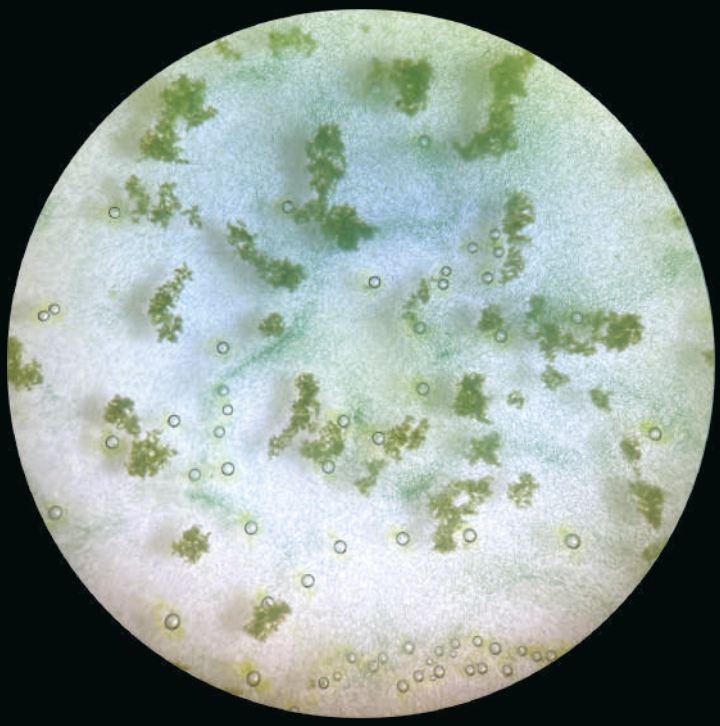
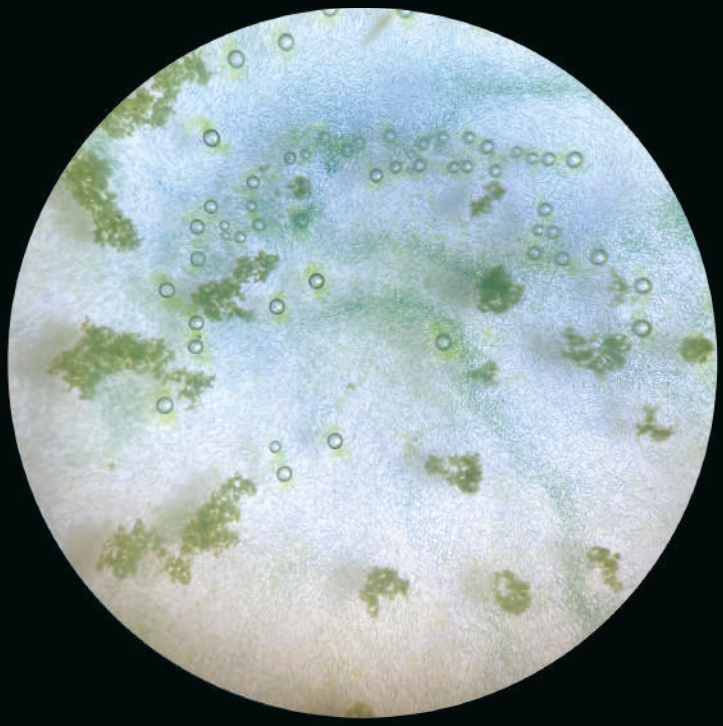


Fig. 25-28: Arthrospira Platensis (Spirulina).







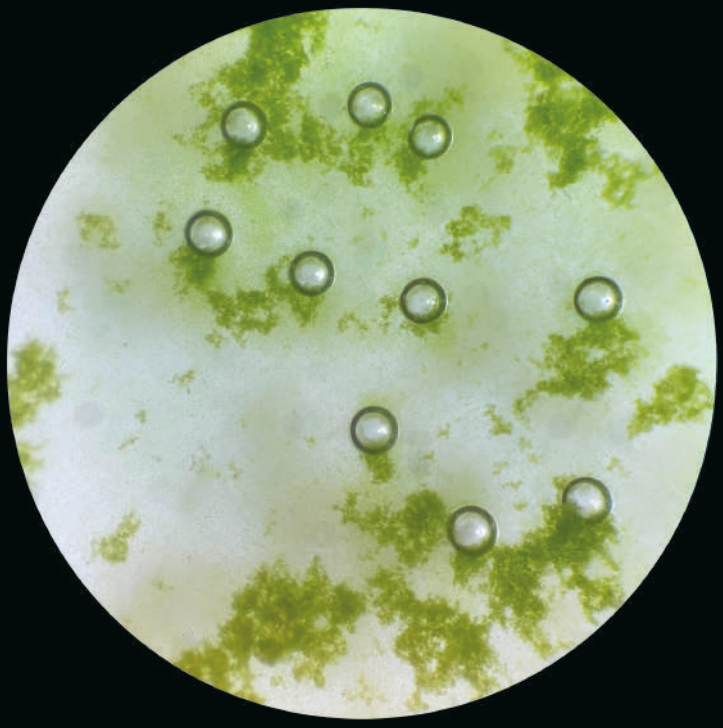
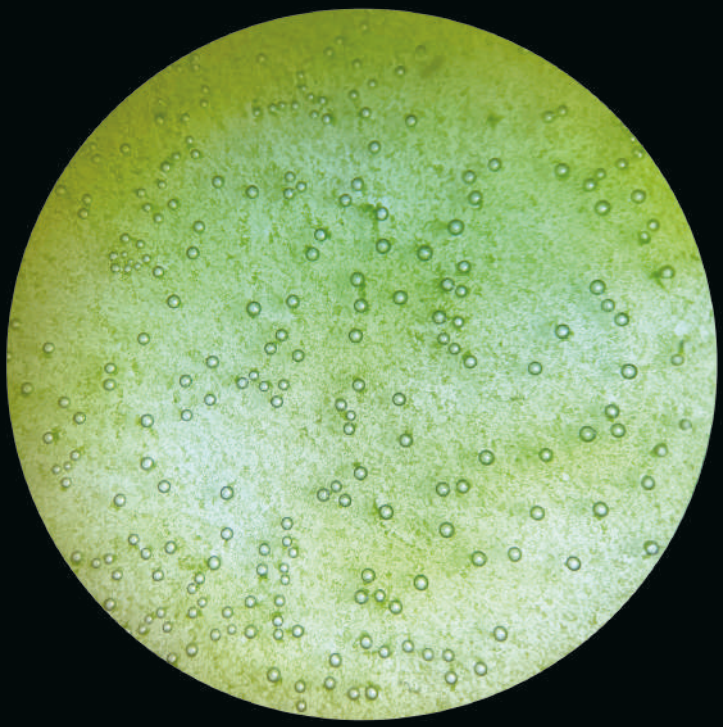
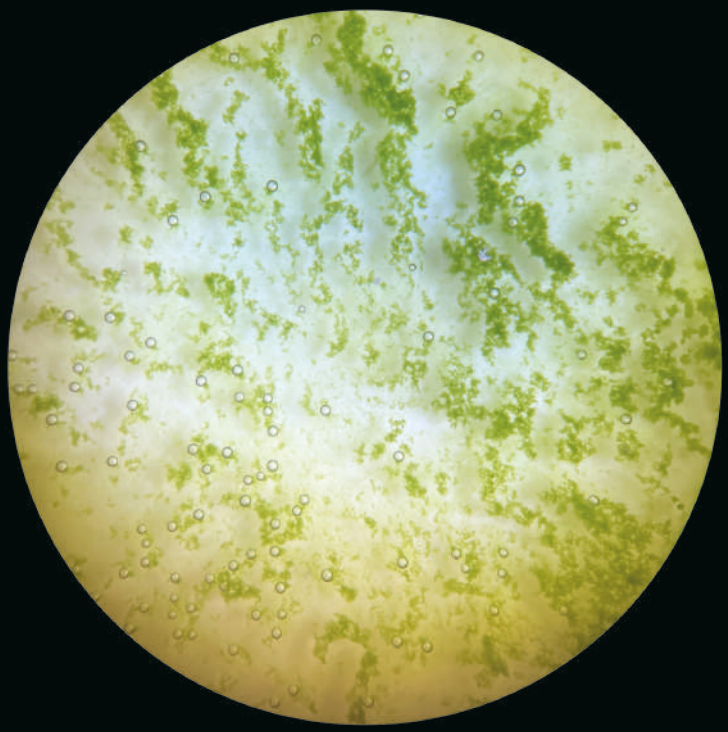
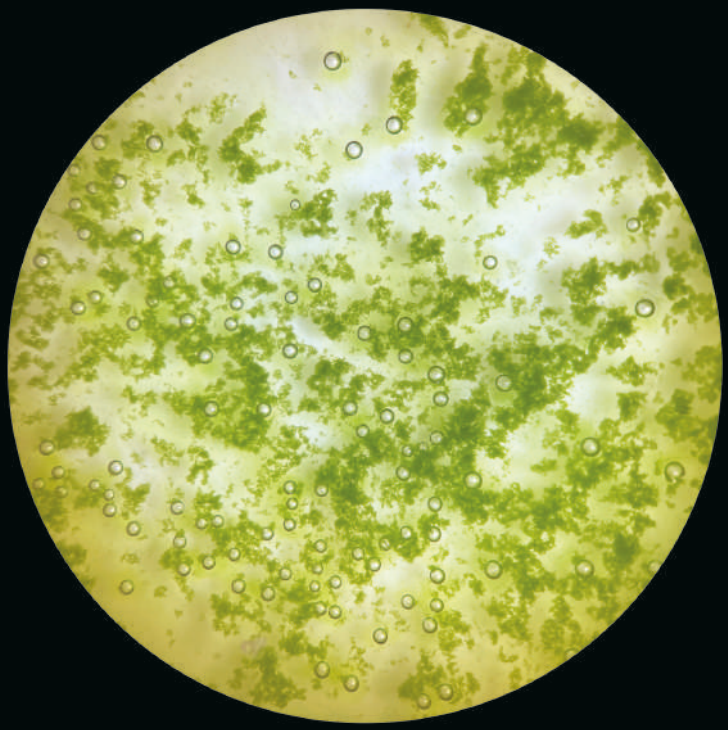


Fig. 29-32: Chlorella Vulgaris.







03.4 RISULTATI E DISCUSSIONE

13:35 Sensor 1 CO2: 5000 ppm
13:35 Sensor 2 CO2: 4614 ppm

14:35 Sensor 1 CO2: 4872 ppm
14:35 Sensor 2 CO2: 4420 ppm

15:35 Sensor 1 CO2: 4592 ppm
15:35 Sensor 2 CO2: 4192 ppm

16:35 Sensor 1 CO2: 4526 ppm
16:35 Sensor 2 CO2: 4006 ppm

17:35 Sensor 1 CO2: 4250 ppm
17:35 Sensor 2 CO2: 3904 ppm

18:35 Sensor 1 CO2: 4156 ppm
18:35 Sensor 2 CO2: 3763 ppm

19:35 Sensor 1 CO2: 3952 ppm
19:35 Sensor 2 CO2: 3587 ppm

20:35 Sensor 1 CO2: 3824 ppm
20:35 Sensor 2 CO2: 3479 ppm

21:35 Sensor 1 CO2: 3695 ppm
21:35 Sensor 2 CO2: 3339 ppm

22:35 Sensor 1 CO2: 3587 ppm
22:35 Sensor 2 CO2: 3222 ppm

23:35 Sensor 1 CO2: 3452 ppm
23:35 Sensor 2 CO2: 3089 ppm

00:35 Sensor 1 CO2: 3290 ppm
00:35 Sensor 2 CO2: 2996 ppm

01:35 Sensor 1 CO2: 3200 ppm
01:35 Sensor 2 CO2: 2926 ppm

02:35 Sensor 1 CO2: 3139 ppm
02:35 Sensor 2 CO2: 2837 ppm

03:35 Sensor 1 CO2: 2982 ppm
03:35 Sensor 2 CO2: 2751 ppm

04:35 Sensor 1 CO2: 2969 ppm
04:35 Sensor 2 CO2: 2646 ppm

05:35 Sensor 1 CO2: 2870 ppm
05:35 Sensor 2 CO2: 2568 ppm

06:35 Sensor 1 CO2: 2760 ppm
06:35 Sensor 2 CO2: 2491 ppm

07:35 Sensor 1 CO2: 2661 ppm
07:35 Sensor 2 CO2: 2410 ppm

08:35 Sensor 1 CO2: 2571 ppm
08:35 Sensor 2 CO2: 2295 ppm

09:35 Sensor 1 CO2: 2534 ppm
09:35 Sensor 2 CO2: 2276 ppm

10:35 Sensor 1 CO2: 2552 ppm
10:35 Sensor 2 CO2: 2205 ppm

11:35 Sensor 1 CO2: 2431 ppm
11:35 Sensor 2 CO2: 2130 ppm

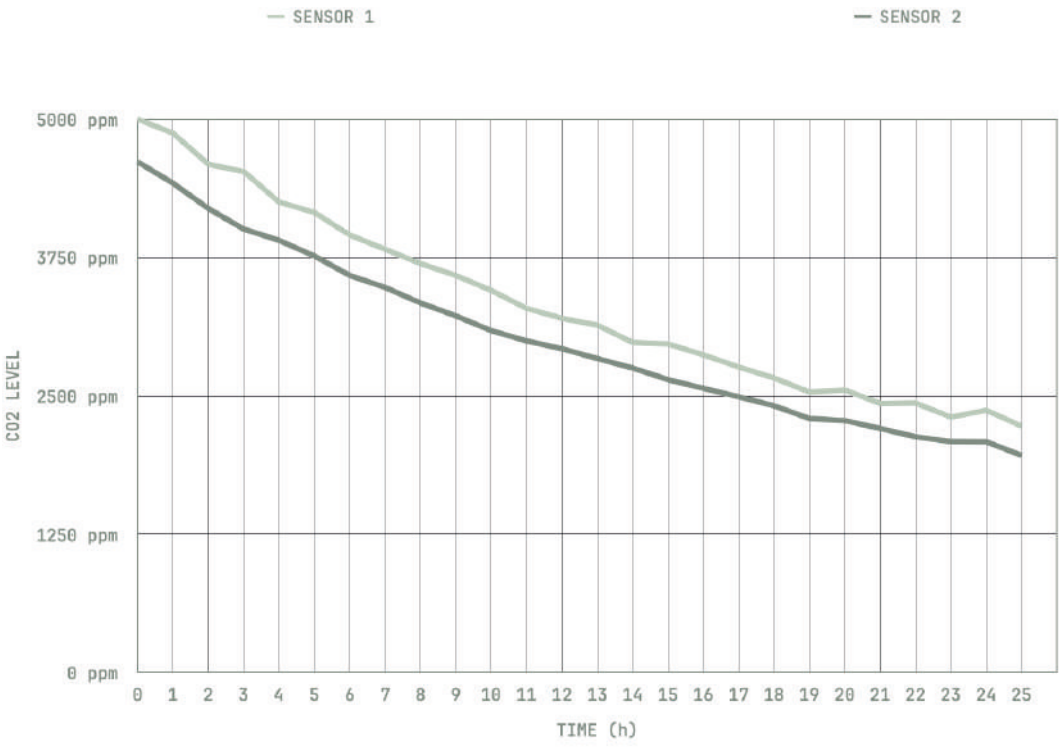
12:35 Sensor 1 CO2: 2435 ppm
12:35 Sensor 2 CO2: 2087 ppm

13:35 Sensor 1 CO2: 2308 ppm
13:35 Sensor 2 CO2: 2085 ppm

14:35 Sensor 1 CO2: 2370 ppm
14:35 Sensor 2 CO2: 2058 ppm

15:35 Sensor 1 CO2: 2226 ppm
15:35 Sensor 2 CO2: 1961 ppm

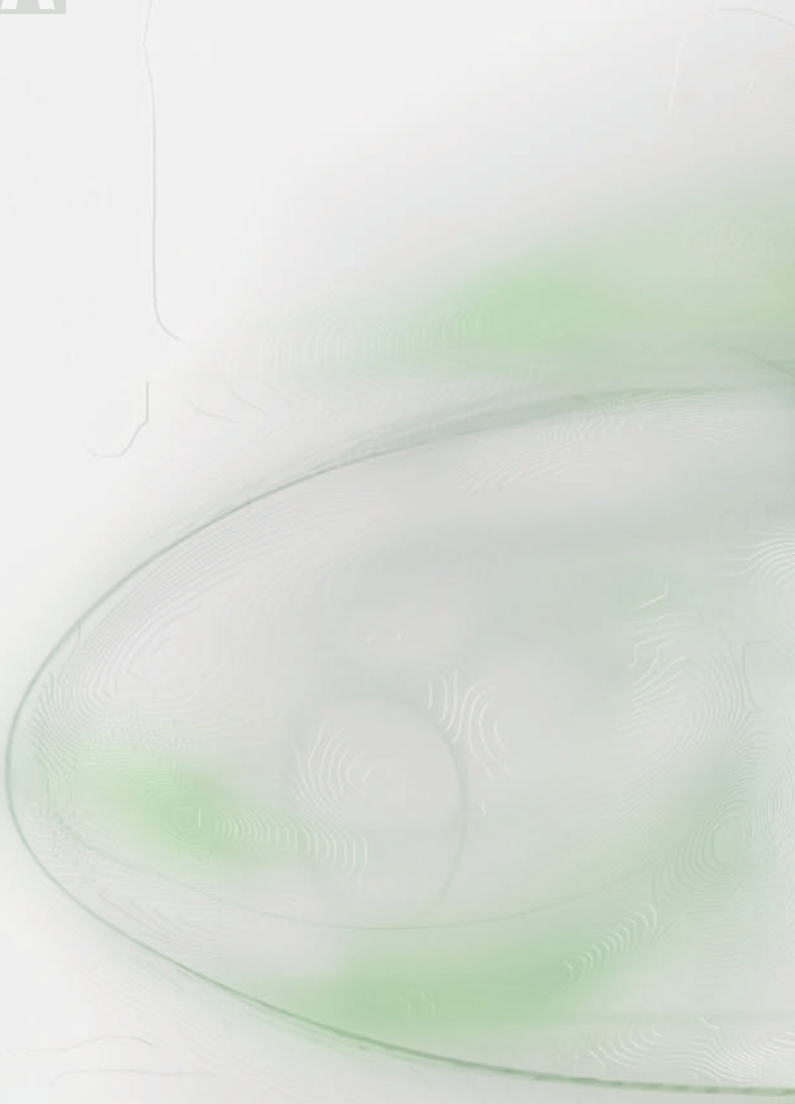
Figura 33: Grafico di andamento per i valori dei sensori di CO2 nell'arco di 25 ore.

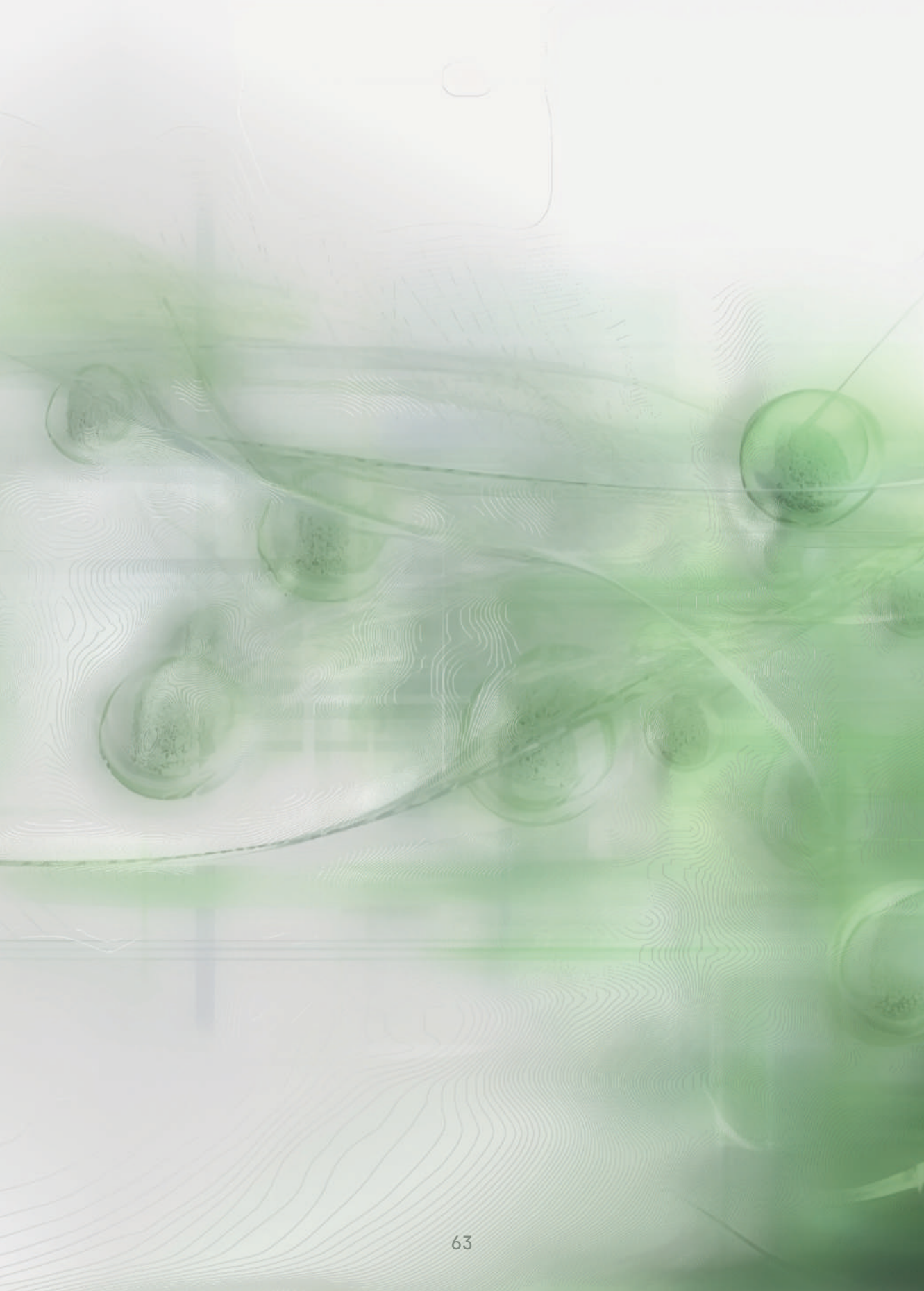


Dall'analisi dei dati ottenuti e dall'osservazione del relativo grafico, emerge che in sole 24 ore la concentrazione di CO2 è scesa da 5.000ppm a 2.226ppm, registrando una riduzione del 55,48%, confermando l'efficacia della fotosintesi realizzata dalle microalghe nel purificare l'aria interna.

Sebbene per garantire una maggiore validità ai risultati sarebbe opportuno replicare l'esperimento, l'ingente contributo dato dalle microalghe nella produzione di ossigeno rimane una dimostrazione tangibile della loro importanza per la vita sulla nostra biosfera.

04. SPIRA





04.1 CONCEPT

L'obiettivo di SPIRA è portare la coltivazione delle microalghe oltre l'ambito accademico e di ricerca, rendendo accessibili i vantaggi e le conoscenze legate a questa pratica. Nonostante le microalghe abbiano dimostrato notevoli potenzialità, le loro applicazioni su scala personale non sono ancora sufficientemente esplorate, rimanendo per lo più confinate al contesto industriale. SPIRA intende ribaltare questa prospettiva, evidenziando come sia fattibile e vantaggioso adottare sistemi di coltivazione delle microalghe in una scala ridotta, accessibile e facilmente controllabile.

L'ambizione è quella di sfruttare la metodologia del biodesign per colmare il divario tra ricerca specializzata e conoscenza generale, promuovendo la collaborazione inter-specie con le microalghe come uno strumento valido e concreto per affrontare le sfide legate alla crisi climatica.
Una più ampia comprensione e divulgazione in questo campo potrebbe inoltre incentivare con una strategia bottom-up ulteriori ricerche sui biocarburanti derivati dalla biomassa delle microalghe, per fare fronte all'urgente necessità di studiare fonti di energia alternative.

Oltre ad essere un'opportunità per approfondire o sperimentare direttamente la coltivazione delle microalghe, SPIRA vuole anche mettere in luce i molteplici benefici derivanti da questa pratica, come disporre di un purificatore d'aria biologico e sfruttare le proprietà uniche della biomassa.

Per raggiungere tale scopo, SPIRA si articola su tre fronti principali:

- TOOLKIT: Questo kit rappresenta un punto di riferimento completo per chi desidera coltivare microalghe. Attualmente, non esistono strumenti similari che facilitino l'avvicinamento a questa pratica per gli estranei al settore. Il toolkit è stato progettato per essere intuitivo ed economicamente accessibile, guidando l'utente passo dopo passo nella coltivazione delle microalghe.

- DIY: Vengono fornite istruzioni dettagliate per realizzare un semplice fotobioreattore per microalghe in autonomia, adattabile a vari gradi di competenza. Questa scelta rispecchia la filosofia della progettazione indipendente intrinseca nel settore, rendendo la pratica raggiungibile a chiunque.

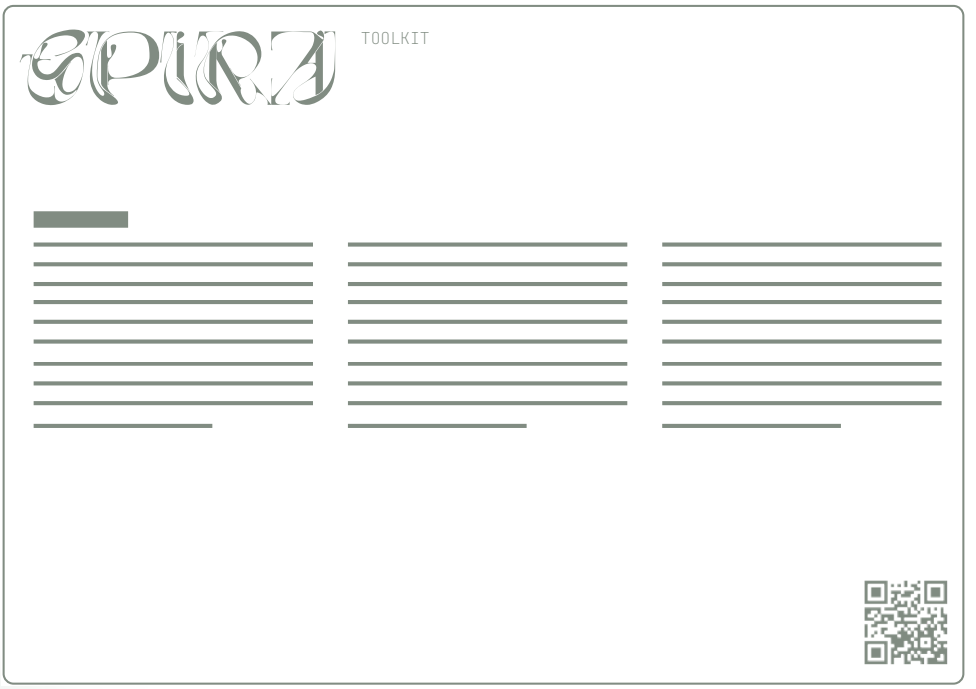
- SITO WEB: Una piattaforma online dedicata, dove sono condivisi i risultati delle ricerche e la genesi del progetto. È uno spazio pensato per offrire linee guida chiare e fornire un punto d'orientamento in un campo che, fino ad ora, è rimasto al di fuori della conoscenza generale.

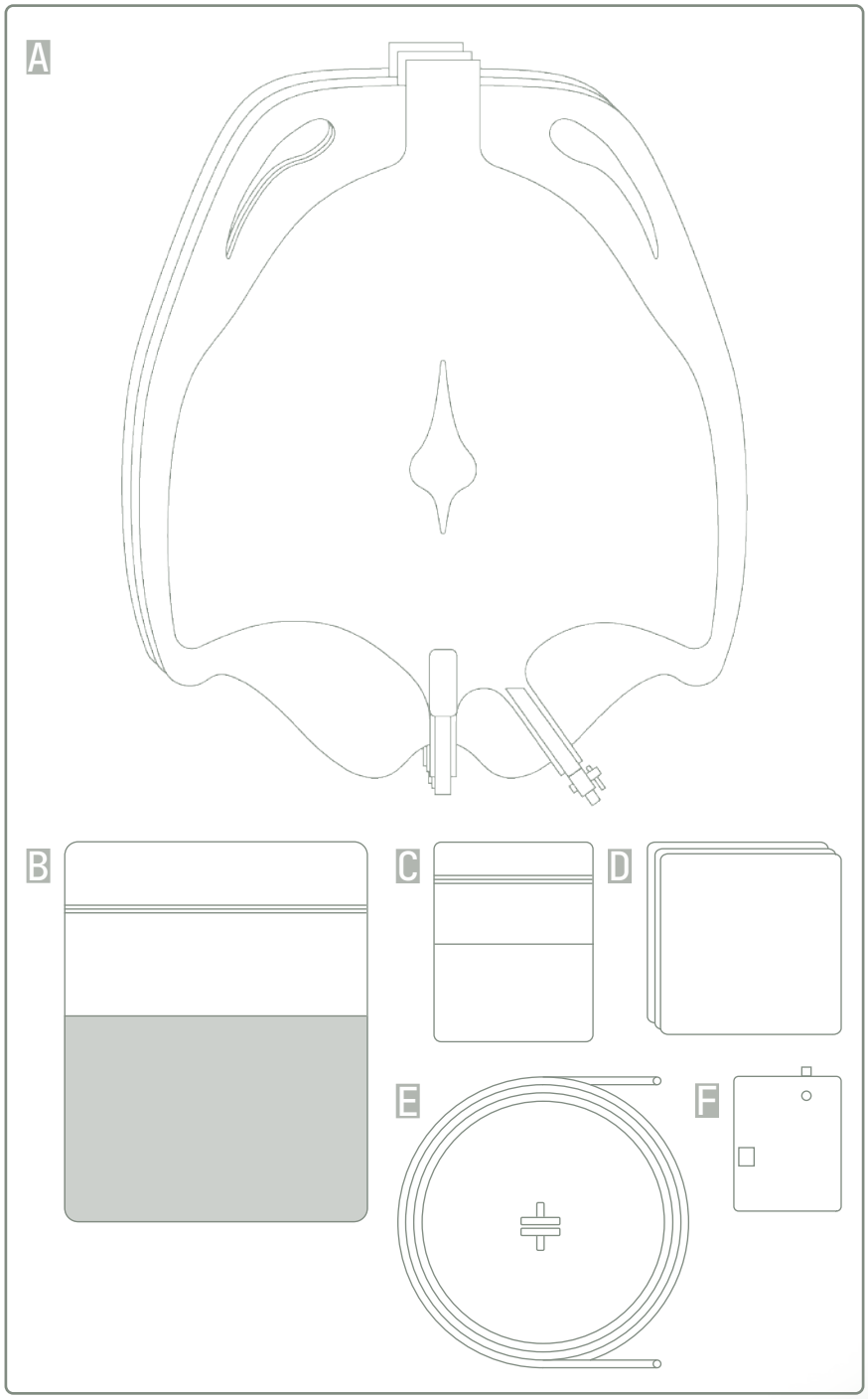
04.2 TOOLKIT

All'interno del toolkit sono inclusi i seguenti elementi:

[X] GUIDA
[A] FOTOBIOREATTORI (X3)
[B] MICROALGHE (200ml)
[C] NUTRIENTI (10g)
[D] FILTRI 5µm (X3)
[E] AEREAZIONE
[F] MODULO IoT

X




A
B
C
D
E
F

04. SPIRA - TOOLKIT

X. GUIDA
Nel toolkit è inclusa una pratica guida per orientare l'utente nell'utilizzo. In essa sono elencati i componenti forniti con le loro caratteristiche, oltre alle istruzioni per una procedura ottimale e la manutenzione della coltura.
Sul foglio è presente anche un QR-Code per collegarsi al sito di SPIRA e fruire delle altre informazioni utili per la propria coltura.

A. FOTOBIOREATTORI (X3)
Nel toolkit sono incluse tre strutture destinate ad ospitare 1L di microalghe ciascuna.
Il design si differenzia dagli altri fotobioreattori disponibili sul mercato per una strategia fondamentale: l'impiego di materiali flessibili. La produzione di un contenitore rigido, infatti, non solo è un'operazione onerosa che richiede una grande quantità di materiali e manifattura, ma potrebbe anche essere sostituita, in modo più sostenibile ed economico, da una semplice bottiglia di plastica. Adottare soluzioni simili significa anche aumentare le emissioni di CO_2 necessarie alla produzione del prodotto finale, riducendo le possibilità che questo possa compensarle con l'attività delle microalghe e con la sua longevità.

Per questo motivo, nella progettazione del fotobioreattore, si è optato per una struttura elastica.
Questa è realizzata mediante la tecnica della saldatura al laser, in cui fogli di plastica vengono sigillati per formare camere chiuse. La saldatura al laser consente la realizzazione di una struttura che soddisfi i requisiti di trasparenza, leggerezza, basso consumo di materiale e trasportabilità, oltre ad essere più pratica per un utilizzo modulare e lasciare ampio margine di versatilità per il design.

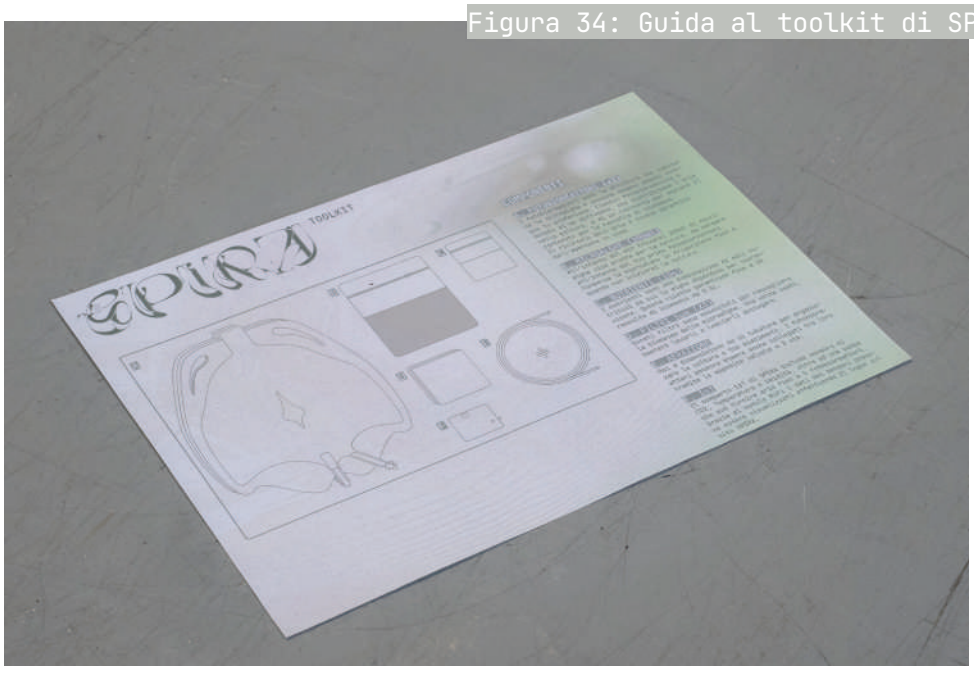


Figura 34: Guida al toolkit di SPIRA.

Figura 35: I tre fotobioreattori.

04. SPIRA - TOOLKIT

Il materiale selezionato sono i fogli di scarto in LDPE (polietilene a bassa densità) destinati all'imballaggio dallo spessore di circa 10µm, recuperati grazie ad un processo di upcycling. Il LDPE è ideale allo scopo grazie alle sue proprietà di resistenza alla lacerazione e trasparenza lo rendono un habitat resiliente ed efficace per le microalghe.

Ciascun fotobioreattore è dotato di un diffusore interno che nebulizza l'aria pompata, in modo tale che l'anidride carbonica sia assorbita dalle microalghe in maniera più efficace ed uniforme. Inoltre, nella parte inferiore della struttura è presente un rubinetto, utilizzato per raccogliere la biomassa che si accumula sul fondo. Al momento della raccolta, il rubinetto può essere aperto per permettere al liquido di essere filtrato e, successivamente, reinserito dall'apertura posta nella parte superiore.
Questo stesso varco consente sia di fornire i nutrienti che il ricircolo dell'aria tra il fotobioreattore e l'ambiente esterno, assicurando una certa protezione dalle impurità.

Il fotobioreattore è pensato per essere appeso, una caratteristica che lo rende utilizzabile in molteplici contesti: può essere infatti agganciato ad una finestra, favorito dalla luce naturale, oppure ad una parete o un soffitto.

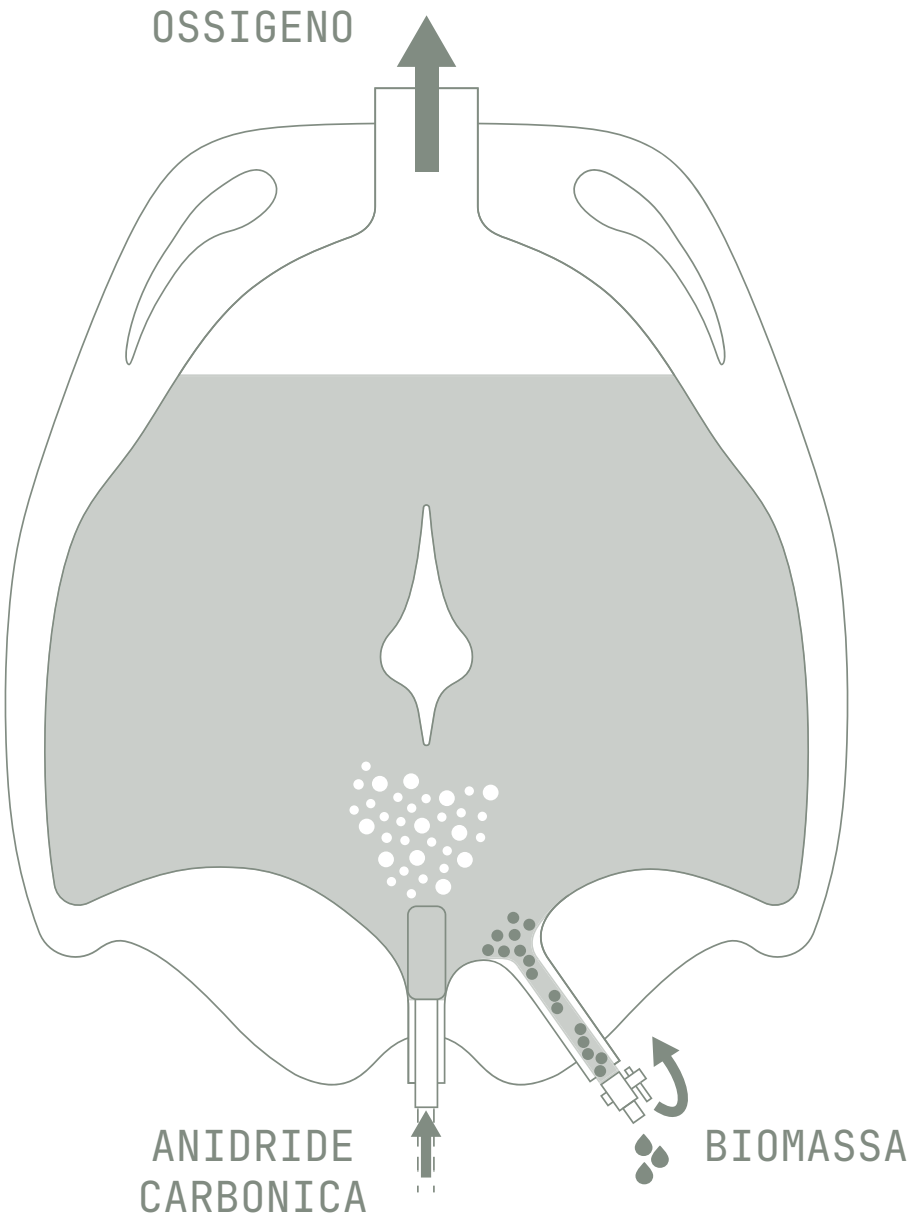


Figura 36: Schema illustrativo del funzionamento del fotobioreattore.

B. MICROALGHE (200mL)
SPIRA ha come punto di riferimento la microalga Spirulina (Arthospira Platensis), in quanto specie più conosciuta e diffusa sul mercato.

Tuttavia, questo non limita l'applicabilità del toolkit esclusivamente a questa specie, poiché è stato progettato per essere versatile e adattabile ai diversi tipi di microalghe. L'obiettivo è stato infatti focalizzato sulla flessibilità di scelta ipotizzando diverse versioni del toolkit, ognuna adatta alla specie selezionata, che verrà fornita con i nutrienti appropriati.

C. NUTRIENTI 10g
All'interno del kit sono inclusi 10g di sali nutritivi in polvere essenziali per favorire la crescita delle microalghe. La formula selezionata è il Bold's Basal Medium (BBM) a una concentrazione ridotta del 50% rispetto alla standard. Questo medium, adattabile a un'ampia gamma di alghe, favorisce una crescita esponenziale dei microorganismi quando utilizzando la metà della sua concentrazione abituale. Questo permette non solo di ottimizzare i costi ma anche di massimizzare l'efficacia dei nutrienti inclusi nel kit; ad esempio, con i 10g forniti, si possono effettuare ben 20 raccolte da mezzo litro ciascuna.

Figura 37: Busta sigillata con 200ml di microalghe vive.

Figura 38: Busta con 10g di nutrienti.

D. FILTRI (X3)
Per raccogliere la biomassa depositata sul fondo del fotobioreattore, è indispensabile utilizzare filtri da 5µm.
Nel kit sono inclusi tre di questi filtri 12x12cm, che dopo l'uso possono essere lavati e riutilizzati.
Il lato più soffice è quello su cui versare il liquido.

E. AERAZIONE
Vengono forniti anche tubi di 4mm e le valvole a 3 vie necessarie per realizzare i collegamenti tra i fotobioreattori e la pompa. Questi componenti sono essenziali per garantire un flusso di anidride carbonica continuo, assicurando il fabbisogno necessario per le microalghe. Grazie a questi collegamenti è inoltre possibile espandere il proprio sistema da una a più sacche, mantenendo comunque un micro-ambiente controllato.

Figura 39: I tre filtri da 5µm.

Figura 40: I tubi da 4mm con le relative valvole a 3 vie.

F. MODULO IoT

Le componenti elettroniche sono alloggiate all'interno di un case compatto che contiene sia la pompa, che aspira l'aria dall'ambiente per introdurla nei fotobioreattori, sia il modulo IoT. Il fotobioreattore di SPIRA è equipaggiato con una serie di sensori progettati per monitorare attentamente le condizioni della coltura:

- SENSORE DI CO2: Serve a valutare la qualità dell'aria all'interno dell'area designata. È fondamentale avere una stima della concentrazione di anidride carbonica nell'ambiente, per prevenire un eccesso che potrebbe causare affaticamento ed altre conseguenze negative. Questo sensore può suggerire all'utente di aerare l'ambiente, ampliando la propria coltura con un ulteriore modulo o aprendo una porta o una finestra.
- SENSORE DI TEMPERATURA E UMIDITÀ: Questo sensore è fondamentale per determinare se le condizioni dell'habitat sono ideali per le microalghe e, se necessario, intervenire modificandone la posizione per regolare la temperatura e l'umidità.

I dati rilevati da questi sensori vengono trasmessi, tramite un modulo Wi-Fi, all'account personale dell'utente sul sito web di SPIRA, dove può visualizzarli in tempo reale. L’intero comparto può essere alimentato con un consumo energetico irrisorio grazie a un comune cavo USB-C.

Figura 41: Prototipo del modulo IoT.

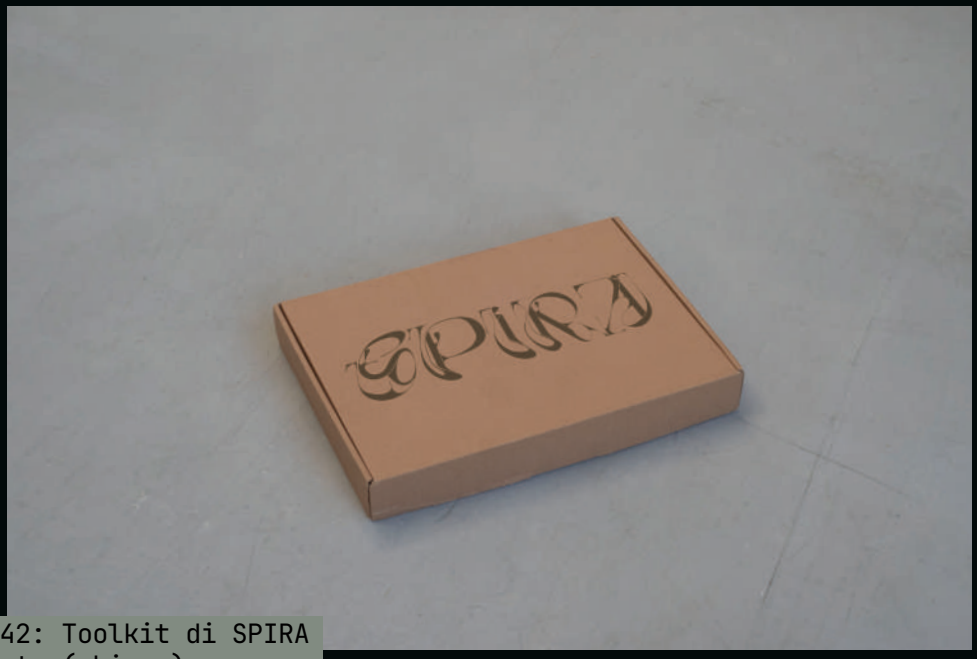


Fig. 42: Toolkit di SPIRA completo (chiuso).

Fig. 43: Toolkit di SPIRA completo (aperto).

Fig. 44-46: Toolkit in funzione con microalghe.

04.3 DIY

SPIRA è esteso grazie a delle versioni DIY pensate appositamente per essere realizzate in autonomia in base ai diversi livelli di competenza.

Questo per supportare l'idea di una progettazione open-access che rompa le barriere del gatekeeping a favore della condivisione di conoscenze. I seguenti modelli vengono disposti come uno degli esempi possibili per intraprendere una coltura di microalghe in autonomia, e non si pongono come unica soluzione possibile. Chiunque è libero di modificare, migliorare e ridistribuire queste versioni per adattarle meglio alle proprie esigenze.

Di seguito vengono fornite le istruzioni per realizzare le due versioni del kit.

Figura 47: La versione DIY del toolkit assemblata.

04. SPIRA - DIY

DIY - BASE

MATERIALI

MATERIALE	QUANTITÀ	PREZZO
MICROALGHE E NUTRIENTI	200 ml	~€20
SACCA DA FLEBO (1L)	1	€6
POMPA PER ACQUARIO USB	1	€15
FILTRO 5µm	1	€12
		TOT: €53

ISTRUZIONI

1. Scollare il tappo della sacca lateralmente con l'aiuto di un cacciavite.
2. Scolare il liquido all'interno e richiudere la sacca.
3. Tagliare un foro di circa 1 cm sulla parte superiore della sacca da flebo.
4. Infilare il tubo con il diffusore all'interno della sacca.
5. Versare i nutrienti all'interno servendosi di una siringa o di un imbuto.
6. Versare le microalghe.

Figura 48-50: I passaggi per l'assemblaggio del kit DIY base.

04. SPIRA - DIY

DIY - AVANZATO

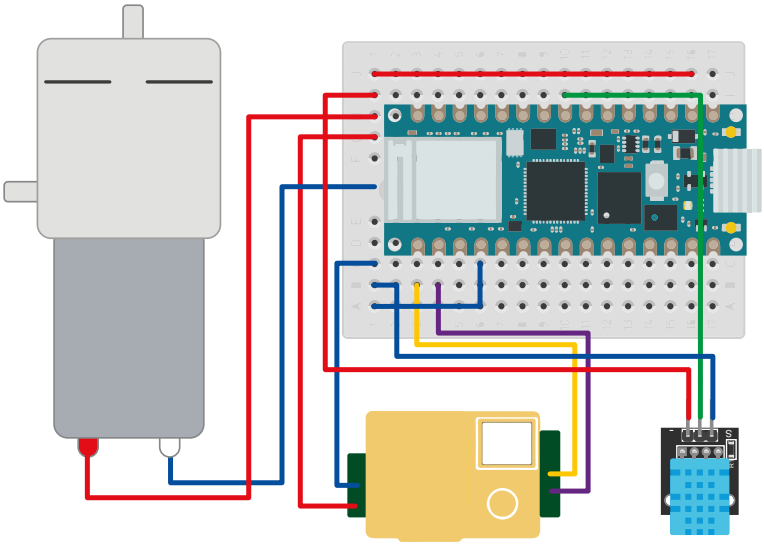
MATERIALI

MATERIALE	QUANTITÀ	PREZZO
MICROALGHE E NUTRIENTI	200 ml	~€20
SACCHE DA FLEBO	1-5	€6
POMPA 6V	1	€2
DIFFUSORI DA ACQUARIO	1-5	€2
TUBATURE E VALVOLE	4m	€5
ARDUINO NANO RP2040	1	€33
BREADBOARD + JUMPER	1	€8
SENSORE CO2	1	~€20
SENSORE TEMPERATURA	1	€2
FILTRO 5µm	1	€12
		TOT: €110

ISTRUZIONI

1. Eseguire i primi 4 passaggi della versione BASE.
2. Eseguire i collegamenti elettrici secondo lo schema.
3. Aprire l’app Arduino IDE sul proprio PC e aprire un nuovo Sketch su cui incollare il codice condiviso sul sito web di SPIRA.
4. Collegare l’Arduino al proprio PC e caricare il codice tramite la piattaforma Arduino IoT.
5. Viene anche fornito il file .STL per poter stampare in 3D il case per alloggiare le componenti elettroniche.

Figura 51: Schema di collegamento per il kit DIY avanzato.



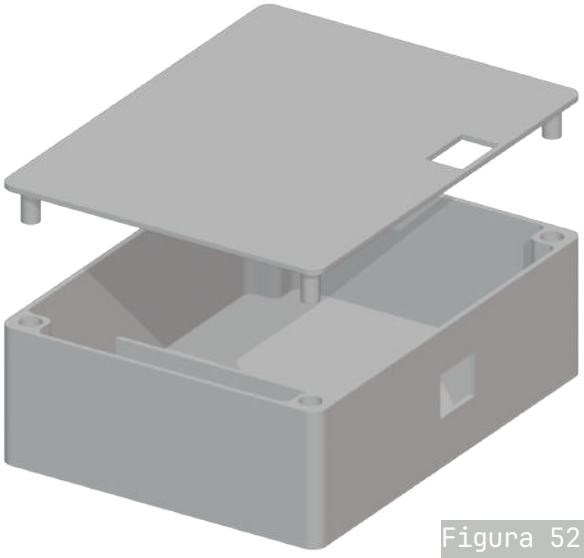


Figura 52: Il modello 3D per la stampa del case.

Fig. 53-54: Il kit DIY in funzione con le microalghe.

04.3 SITO WEB

Il sito web di SPIRA si presenta come una piattaforma integrata focalizzata sull'universo delle microalghe e sulla loro coltivazione. Oltre a gestire le interazioni legate al Toolkit, offre agli utenti un'opportunità di apprendimento e condivisione sull'argomento.

La sezione "Ricerca" ospita un breve riassunto che evidenzia le informazioni salienti sulle microalghe e il loro ruolo in relazione alla crisi climatica. Questa sezione comprende anche un forum, creando uno spazio per gli utenti per condividere le loro esperienze, risolvere dubbi e ampliare le proprie conoscenze. La sezione "DIY" fornisce invece le istruzioni necessarie per assemblare i kit in autonomia.

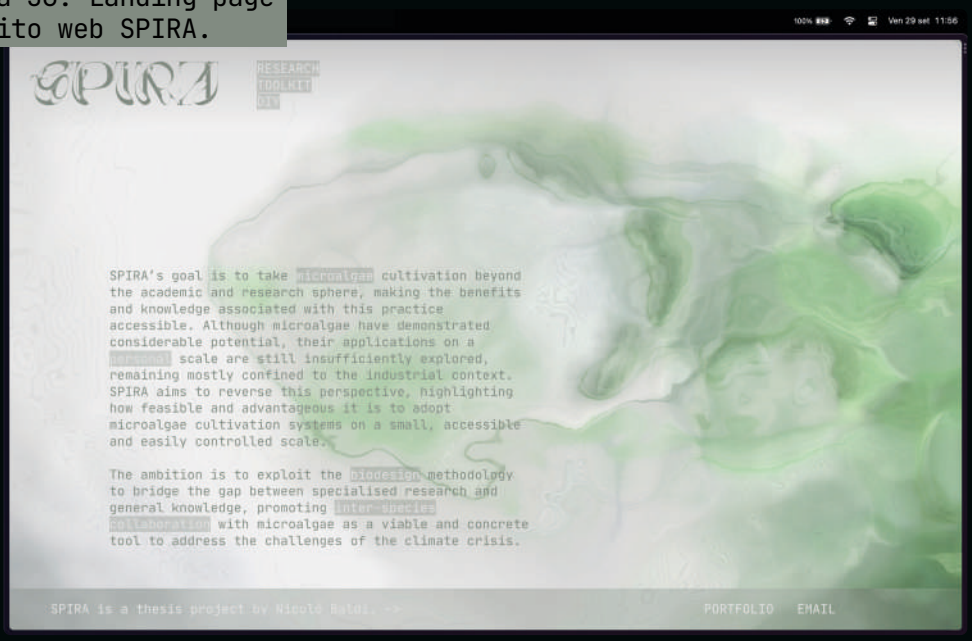
Gli utenti hanno la possibilità di acquistare sia il toolkit completo che le estensioni specifiche, come set aggiuntivi di fotobioreattori o rifornimenti di microalghe e nutrienti. Dopo aver effettuato l'accesso con le proprie credenziali, gli utenti possono collegare il loro toolkit al Wi-Fi e monitorare in tempo reale i dati della coltura.

Queste sezioni, che insieme costituiscono il cuore della piattaforma SPIRA, mirano a costruire e nutrire una community vivace ed appassionata.

https://nicolobaldi.com/SPIRA

Figura 55: Albero di navigazione del sito web di SPIRA.

Figura 56: Landing page del sito web SPIRA.


SPIRA
RESEARCH
TOOLKIT
01
SPIRA's goal is to take microalgae cultivation beyond the academic and research sphere, making the benefits and knowledge associated with this practice accessible. Although microalgae have demonstrated considerable potential, their applications on a domestic scale are still insufficiently explored, remaining mostly confined to the industrial context. SPIRA aims to reverse this perspective, highlighting how feasible and advantageous it is to adopt microalgae cultivation systems on a small, accessible and easily controlled scale.
The ambition is to exploit the biodesign methodology to bridge the gap between specialised research and general knowledge, promoting inter-species collaboration with microalgae as a viable and concrete tool to address the challenges of the climate crisis.
SPIRA is a thesis project by Nicolò Botoli. ->
PORTFOLIO
EMAIL

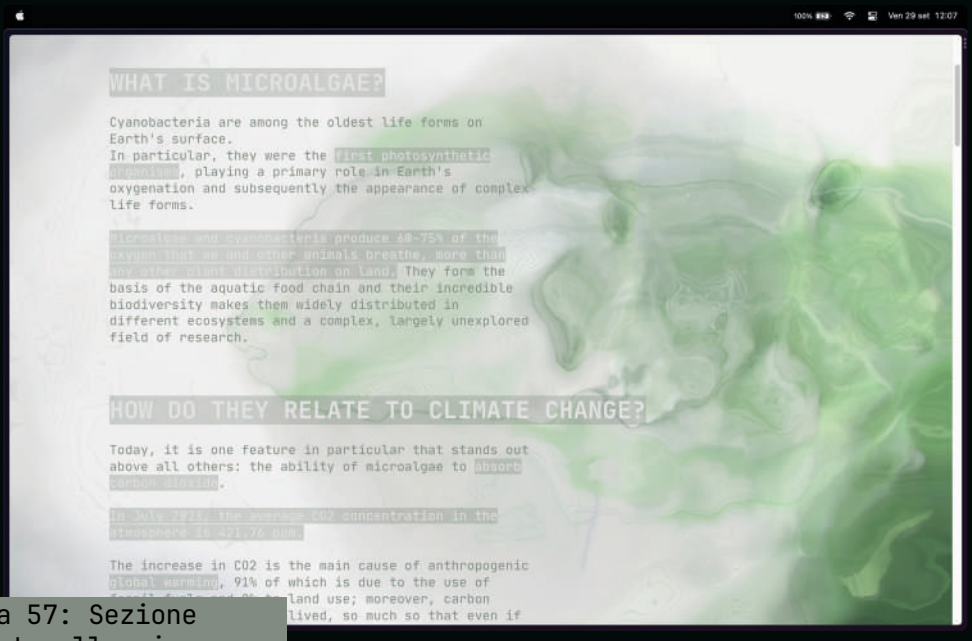

WHAT IS MICROALGAE?
Cyanobacteria are among the oldest life forms on Earth's surface.
In particular, they were the first photosynthetic organisms, playing a primary role in Earth's oxygenation and subsequently the appearance of complex life forms.
Microalgae and cyanobacteria produce 60-75% of the oxygen that we and other animals breathe, more than any other plant distribution on land. They form the basis of the aquatic food chain and their incredible biodiversity makes them widely distributed in different ecosystems and a complex, largely unexplored field of research.
HOW DO THEY RELATE TO CLIMATE CHANGE?
Today, it is one feature in particular that stands out above all others: the ability of microalgae to absorb carbon dioxide.
In July 2021, the average CO2 concentration in the atmosphere is 421.76 ppm.
The increase in CO2 is the main cause of anthropogenic global warming, 91% of which is due to the use of
land use; moreover, carbon
lived, so much so that even if

Figura 57: Sezione dedicata alla ricerca.

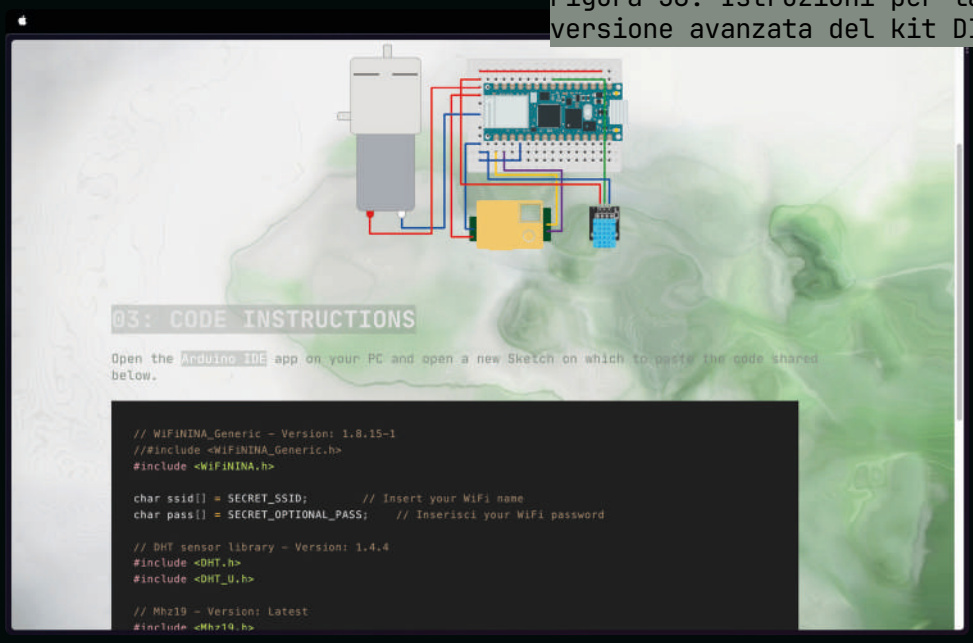


Figura 58: Istruzioni per la versione avanzata del kit DIY.

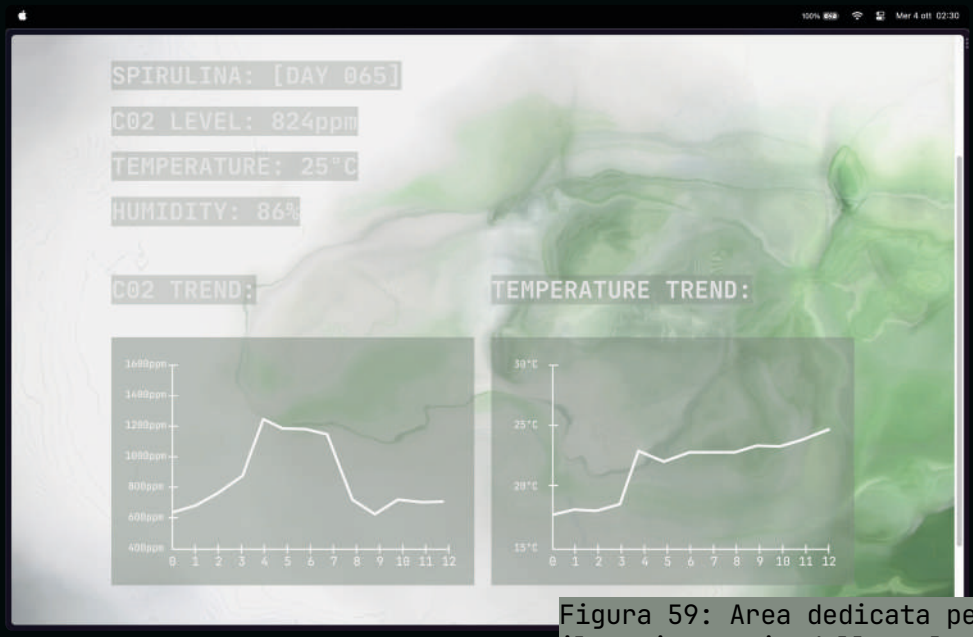


Figura 59: Area dedicata per il monitoraggio della coltura.

04.4 PROTOTIPAZIONE

Il processo di prototipazione è stato realizzato in collaborazione con il FabLab Pesaro presso Cosmob, sotto la supervisione del responsabile Christian Gabbani.

Durante questa fase, è stata esplorata la tecnica della saldatura al laser per creare la struttura del fotobioreattore. Questa tecnica è stata studiata nell'ambito della Soft Robotics, un campo dedicato ai robot costruiti con materiali gonfiabili e flessibili.
I principali riferimenti su questa tecnica provengono da alcune guide presenti sulla piattaforma Instructables e dai lavori di Marisa Satsia, un'artista e ricercatrice multidisciplinare specializzata in arti biologiche. [29]

Avere avuto l'opportunità di conoscere personalmente Marisa durante il workshop "Biofabricated Soft Robots & Inflatables" organizzato da Umanesimo Artificiale proprio presso il FabLab Pesaro ha sicuramente stimolato l'interesse nell'approfondire questa tecnica. La possibilità di sperimentare direttamente con questi strumenti di prototipazione ha influenzato notevolmente anche il design del fotobioreattore. [30]

Figura 60: "Biofabricated Soft Robots & Inflatables" con Marisa Satsia. FabLab Pesaro, Luglio 2023, foto di Davide Marcianesi.

MATERIALE

Come nei riferimenti sopra citati, il LDPE (polietilene a bassa densità) è stato scelto come materiale designato.
Il LDPE è particolarmente adatto a questo processo poiché, a differenza di altre plastiche come il PVC, non emette gas nocivi durante la lavorazione al laser. Inoltre, il materiale è stato recuperato da scarti industriali nel settore dell'imballaggio, rendendo l'operazione un vero e proprio esempio di upcycling. Gli studi sono stati condotti a partire da fogli di 3mx2m con uno spessore di 10µm.

STUDI PRELIMINARI

Per far sì che il laser effettuasse un'operazione di saldatura e non di taglio sui fogli di plastica sovrapposti, è stato necessario ridurre la sua potenza.
Tuttavia, anche riducendo la potenza al minimo, il laser potrebbe ancora tagliare i sottili strati di plastica. Pertanto, il laser è stato posizionato fuori fuoco, aumentando la distanza tra il fascio di luce e la superficie di appoggio.

In questo modo, il laser è meno potente e più distribuito sul foglio, aumentando notevolmente la probabilità di saldatura. È importante sottolineare che questa tecnica è efficace solo se i fogli di plastica sono a contatto stretto, e durante la ricerca sono stati condotti numerosi test per favorire questa condizione. Inoltre, l'uso di fogli di scarto, che avevano subito usura e presentavano pieghe o deformazioni, ha ostacolato alcuni successi durante la ricerca.
I design dei fotobioreattori sono stati sviluppati su AutoCAD, e le istruzioni di taglio sono state fornite tramite il software LaserSoft V7.02 utilizzando un file in formato DXF.

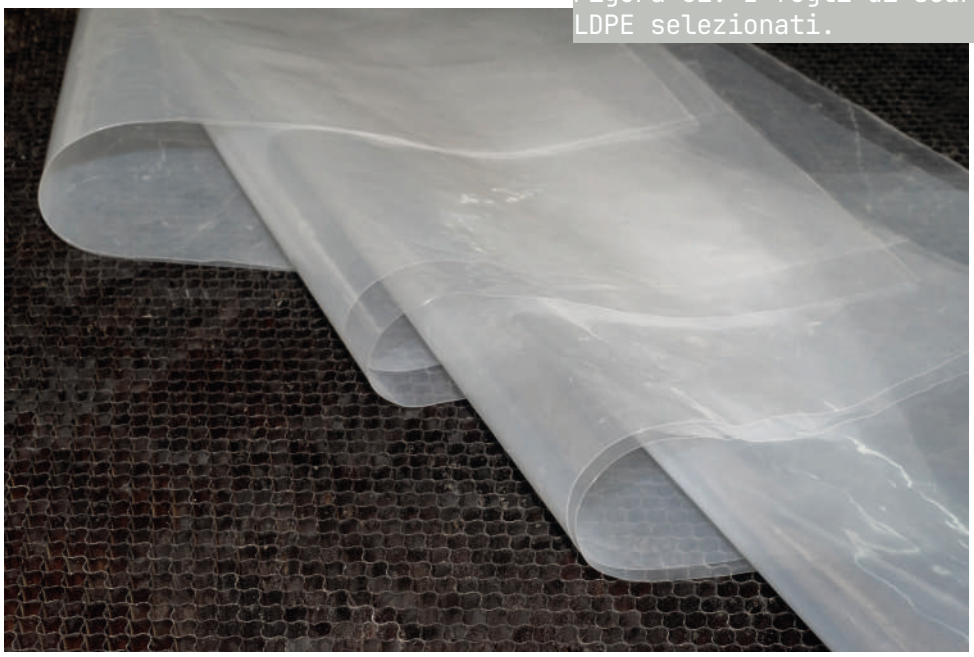


Figura 61: I fogli di scarto in LDPE selezionati.

Figura 62: Macchina per il taglio al laser di FabLab Pesaro.

04. SPIRA - PROTOTIPAZIONE

TEST

La prima fase della ricerca si è concentrata sul delicato equilibrio tra i parametri della macchina, ovvero:

- FUORI FOCUS (mm): la distanza tra il fascio di luce e la superficie.
- VELOCITÀ (mm/s): la velocità di movimento del laser.
- POTENZA (%): il parametro per indicare la percentuale di forza di taglio.
- POTENZA AGLI ANGOLI (%): per indicare la potenza sugli angoli di taglio.

Successivamente, l'attenzione si è spostata su come ottenere una migliore adesione tra i fogli di plastica durante la saldatura. Inizialmente, i fogli sono stati messi in tensione fissandoli con del nastro adesivo, ma questo si è rivelato insufficiente. Quindi, è stato pensato di appoggiare del peso all'interno dell'area di saldatura per incentivare il contatto tra i fogli nell'area desiderata.

Si è quindi proseguito restringendo la geometria interna di 10mm e tagliando un foglio di acrilico, per poi fissarlo nell'area designata con l'uso di magneti.
Per avere un'idea preliminare su come posizionare al meglio l'acrilico, è stato deciso di eseguire una sorta di guida a potenza molto ridotta che delimitasse il confine dell'area interna. Per migliorare ulteriormente l'efficacia dell'operazione, è stato deciso di eseguire una seconda saldatura con un offset esterno di 4mm.
Il taglio esterno del fotobioreattore invece è stato realizzato riposizionato il laser a fuoco, al fine di aumentare la precisione.

Figura 63: Prototipi emersi dal processo di ricerca.

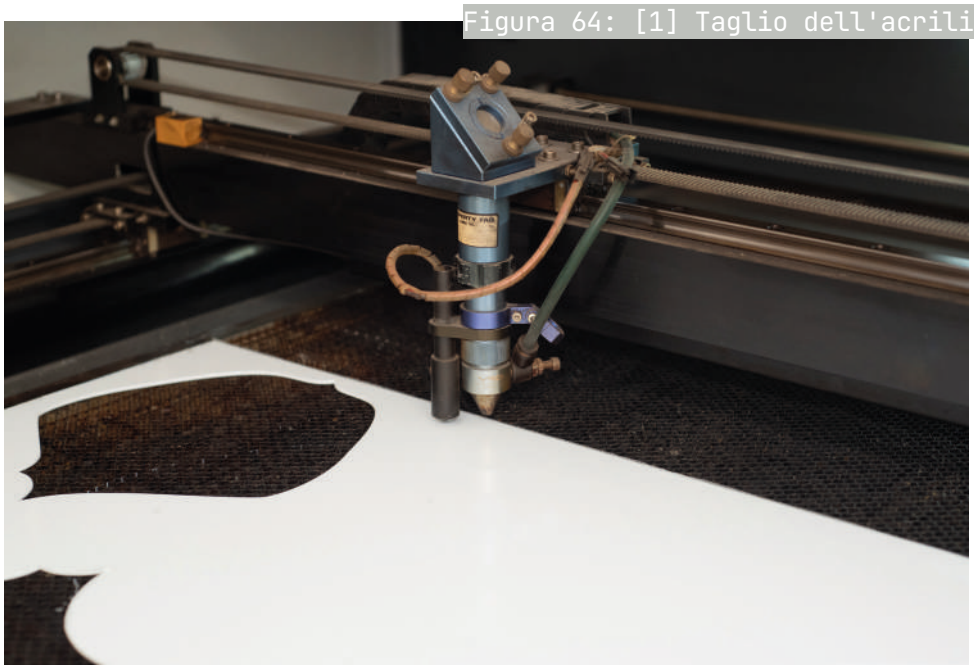
PROTOTIPAZIONE FINALE

Il processo di prototipazione finale si articola in:

1. TAGLIO DELL'ACRILICO: Inizialmente, si taglia un pezzo di acrilico seguendo una versione ridotta della geometria interna.
2. DEFINIZIONE DELLA GUIDA: Usando il laser fuori fuoco e a bassa potenza, si traccia una guida della geometria interna, utile per posizionare correttamente l'acrilico.
3. FISSAGGIO DELL'ACRILICO: L'acrilico viene poi fissato saldamente al piano di taglio utilizzando magneti, garantendo una migliore aderenza.
4. DOPPIA SALDATURA: Si procede con la saldatura, che viene eseguita due volte con un leggero offset esterno per rafforzare il sigillo.
5. TAGLIO ESTERNO: Il laser, messo nuovamente a fuoco, viene impiegato per delineare e tagliare la geometria esterna dell'acrilico.
6. ASSEMBLAGGIO DELLE COMPONENTI AGGIUNTIVE: Dopo aver rimosso la struttura dalla macchina, vengono integrati il diffusore e il rubinetto. Queste componenti sono alloggiate all'interno di tubi rigidi, che vengono poi inseriti nelle rispettive aperture.

	FOCUS	SPEED	POWER	CORNER	OFFSET
TAGLIO ACRILICO	AF	15mm/s	30%	28%	-10mm
DEFINIZIONE GUIDA	60mm	26mm/s	9.5%	9%	-
DOPPIA SALDATURA	60mm	26mm/s	12%	6%	-
TAGLIO ESTERNO	AF	27mm/s	11%	9%	+4mm

Figura 64: [1] Taglio dell'acrilico.



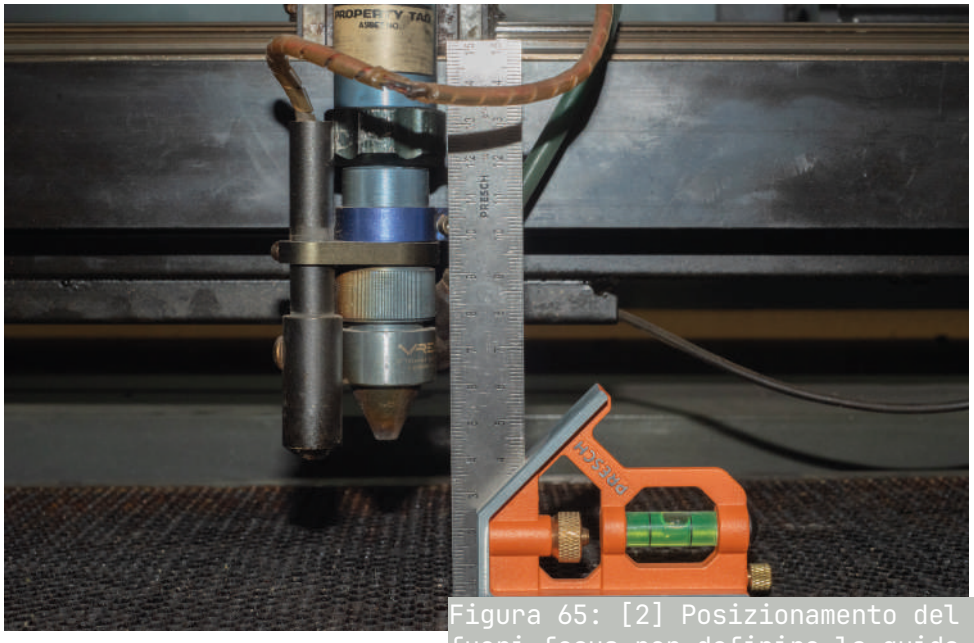


Figura 65: [2] Posizionamento del laser fuori focus per definire la guida.

Figura 66: [3] Fissaggio dell'acrilico.

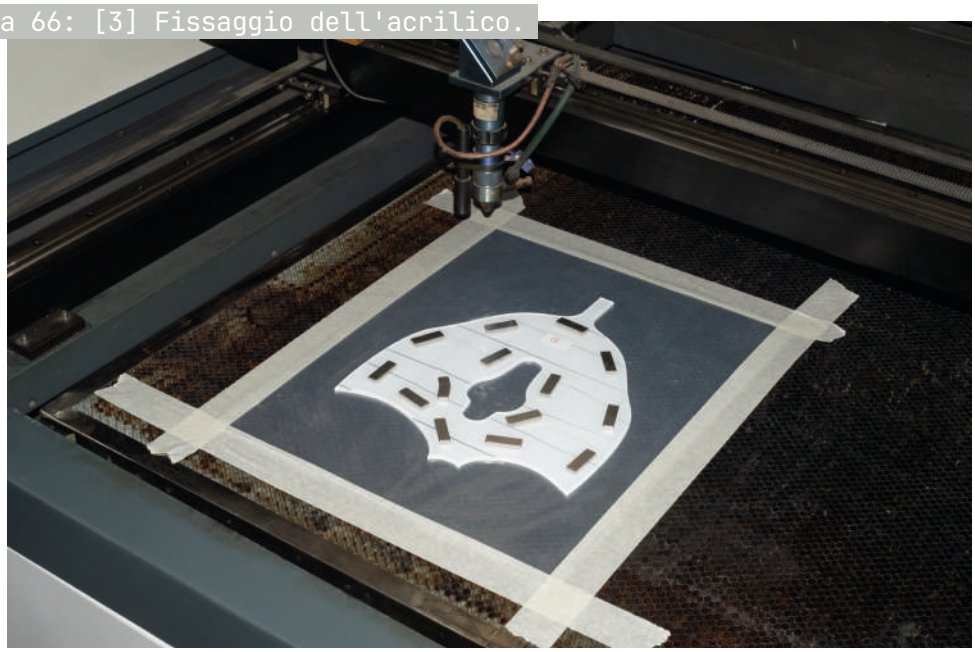
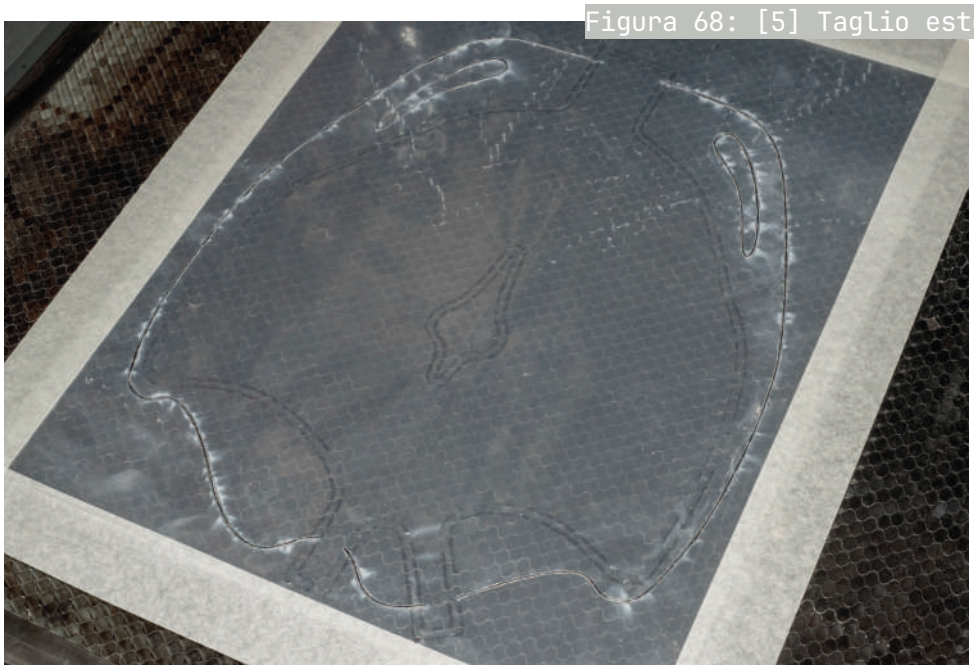


Figura 67: [4] Doppia saldatura.

Figura 68: [5] Taglio esterno.



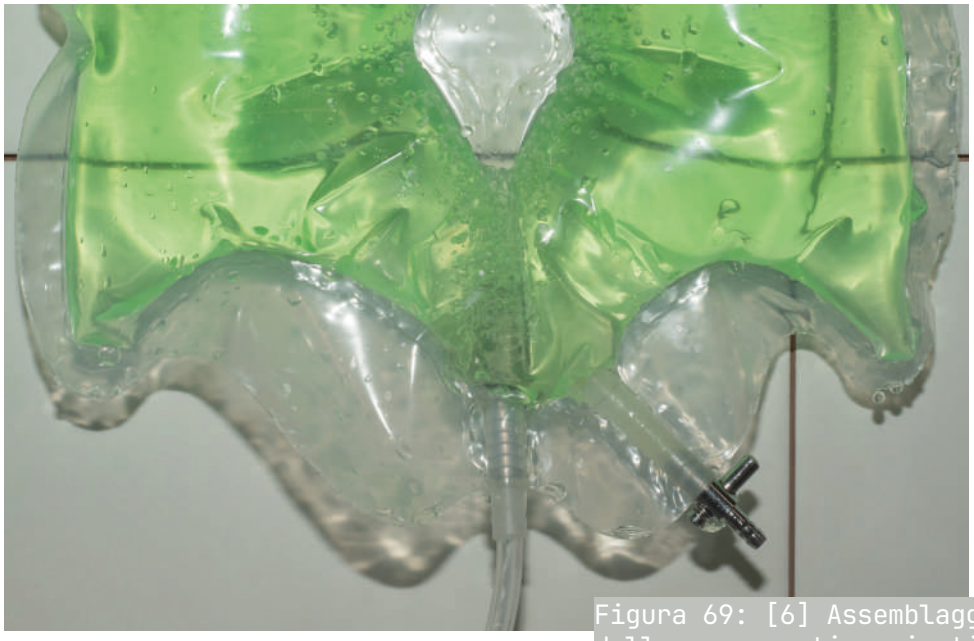


Figura 69: [6] Assemblaggio delle componenti aggiuntive.

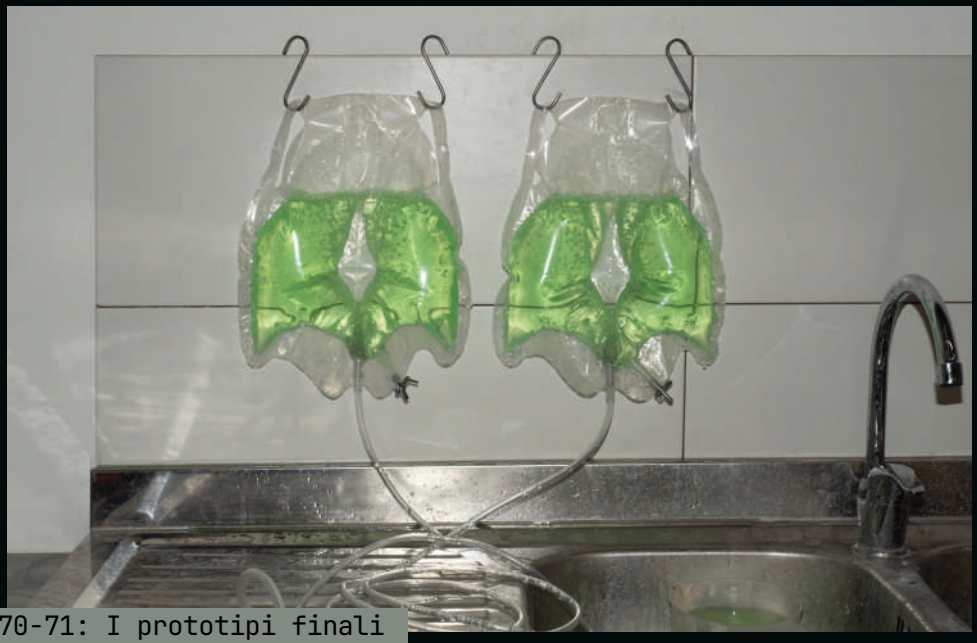


Fig. 70-71: I prototipi finali assemblati in laboratorio.

04.5 IDENTITÀ

NOME

Durante la fase di sviluppo del progetto, sono emerse anche le relative riflessioni rispetto alla sua identità.
È stato quindi scelto il nome SPIRA, ispirato alla terminologia scientifica della Spirulina, nota appunto come Arthrospira Platensis. Nella sua tassonomia originale, "spira" si riferisce alla distintiva forma a spirale che contraddistingue questo microorganismo.
All'interno del progetto, SPIRA non solo rappresenta l'intento di rendere questo ambito accessibile al di fuori del contesto scientifico, ma anche l'essenza poetica del termine, evocando l'atto della respirazione, un gesto condiviso da esseri viventi che respirano la stessa atmosfera.

IDENTITÀ VISIVA

Per incarnare in modo adeguato l'essenza di SPIRA, è stato scelto un logotipo basato sul carattere tipografico SIRAP, opera di Rémi Volclair, graphic designer e art director noto per incarnare forme organiche nella sua estetica.
Affiancando il logotipo, è stata elaborata un'identità visiva distintiva con un tono leggermente ironico.
Il colore grigio-verde monocromatico, scelto come sfondo per SPIRA, si distacca dalle rappresentazioni di natura guidate da verdi vividi che spesso dipingono una visione idealizzata, divenendo in certi casi proprio strumenti di "greenwashing".

L'approccio grafico complementare trae invece ispirazione dall'estetica del Frutiger Aero dei primi anni 2010, che rappresentava una visione del futuro intrisa di ottimismo, eco-compatibilità e avanguardia tecnologica. In SPIRA, l'intento di questa scelta è rievocare quella visione eterea, chiedendoci: dove è andato il futuro che avevamo sognato?

#808b81
C:51 M:33 Y:44 K:16
R:128 G:139 B:129

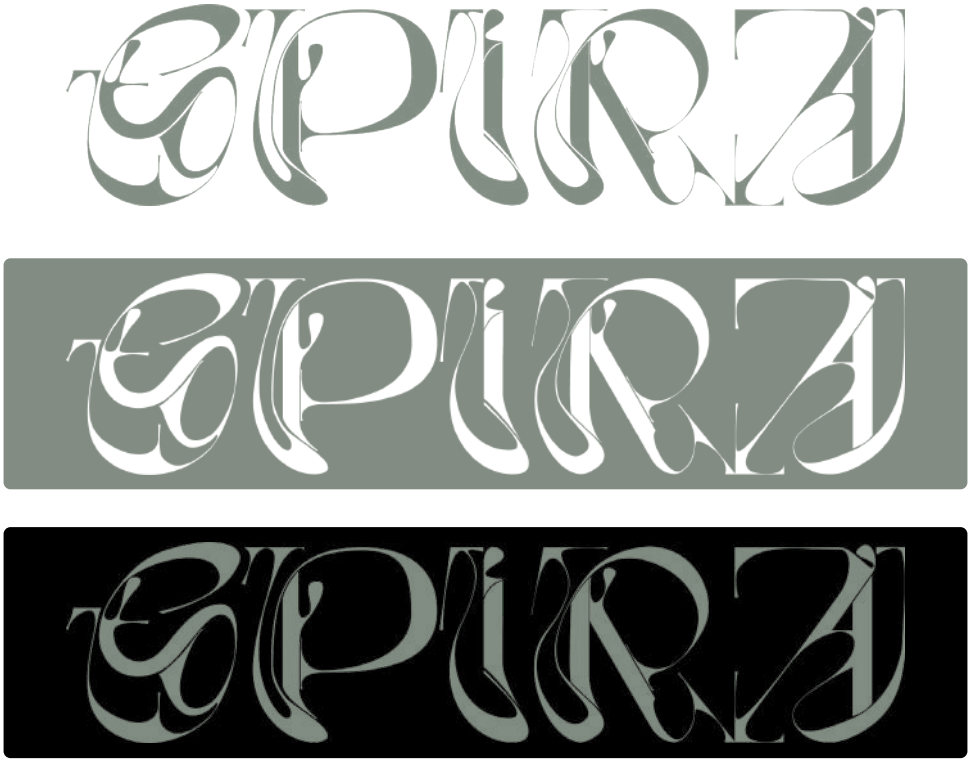
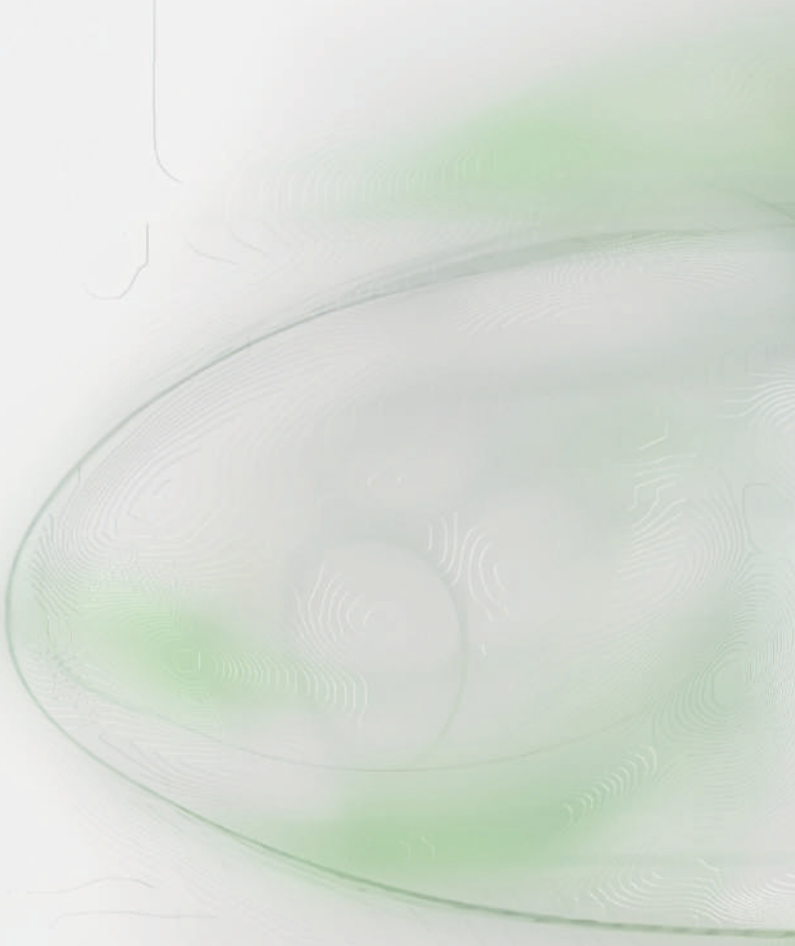
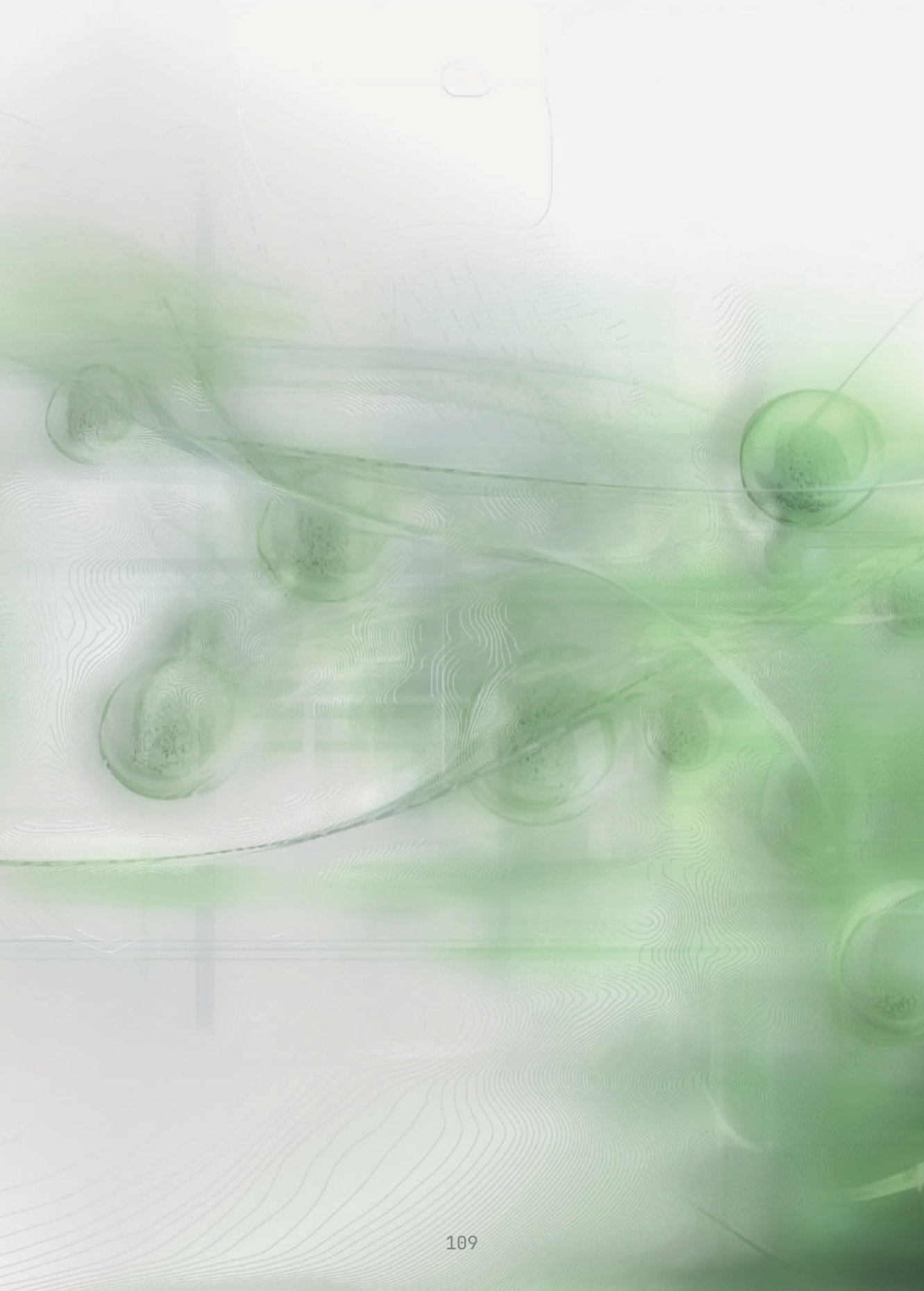


Figura 72: Logotipo di SPIRA associato alla relativa palette.

05. CONCLUSIONI





05.1 CRITICITÀ

In SPIRA, l'impatto ecologico è sempre stato posto al centro di ogni decisione progettuale. Tuttavia, lavorare nel campo della sostenibilità comporta un profondo senso di responsabilità e l'importanza di esaminare minuziosamente ogni aspetto. Affinché uno strumento sia veramente carbon negative, soprattutto su larga scala, è indispensabile condurre analisi meticolose.

In questi termini sarebbe fondamentale condurre un'analisi accurata del LCA (Life Cycle Assessment) per quantificare esattamente quanto carbonio è necessario per la produzione e verificare lo smaltimento del prodotto.
Per ambire a risultati a lungo termine, uno studio cruciale riguarda la selezione e la provenienza dei materiali utilizzati, in particolare per le componenti elettroniche.
É imperativo infatti investigare non solo l'origine dei componenti, ma anche la loro durata e affidabilità nel tempo.

Attualmente, il toolkit si alimenta dalla presa di corrente, rendendolo dipendente da un consumo energetico che, anche se minimo, spesso proviene da fonti non rinnovabili. Una strategia per incrementare l'efficienza ecologica del toolkit potrebbe essere l'integrazione di pannelli solari abbinati a una MFC (Microbial Fuel Cell) - una batteria biologica priva di materiali tossici. Per quanto oggi rimanga un ambito di sperimentazione aperta, una combinazione simile potrebbe trasformare il toolkit in un dispositivo ibrido bio-artificiale capace di ridurre significativamente le emissioni di CO_2 nel lungo termine.

Tuttavia, è essenziale sottolineare che l'efficacia del toolkit nell'assorbire CO2 si manifesta principalmente in ambienti confinati, come gli spazi domestici o uffici.
Pertanto, ottimizzare l’impatto ecologico del processo produttivo diventa fondamentale per realizzare più unità ed incrementare il valore del progetto nel suo complesso.
Per quanto concerne la produzione, nonostante l'uso di fogli di scarto in LDPE sia meno impattante rispetto ad altri metodi produttivi, si tratta comunque di un materiale plastico difficile da smaltire. Inoltre, la lavorazione al laser, sebbene in quantità minime, richiede l'uso di CO2 per completare il processo di saldatura essenziale nella creazione del fotobioreattore.

È fondamentale continuare a esplorare e ricercare materiali di origine organica che facilitino lo smaltimento dei prodotti che utilizziamo. Un'analisi di questo tipo, abbinata alla collaborazione con entità biologiche come le microalghe, potrebbe aiutarci a ripensare la progettazione, mantenendo come priorità un approccio maggiormente ecocentrico.

05.2 SVILUPPI FUTURI

SPIRA lascia ampio margine di espansione in merito a possibili sviluppi futuri.

Il formato toolkit di SPIRA offre flessibilità nella progettazione, permettendo diverse espansioni e varianti. È possibile infatti immaginare toolkit più avanzati dotati di strumenti addizionali, come un sensore di colore per monitorare la salute delle microalghe attraverso la variazione di tonalità di verde, inviando notifiche all'utente attraverso il proprio account. Inoltre, potrebbero essere introdotti componenti per il controllo del pH come sali e cartine tornasole, nonché un aumento del numero di fotobioreattori, delle microalghe e dei nutrienti associati.

Dal punto di vista produttivo, un'innovazione intrigante potrebbe riguardare l'uso della bioplastica derivata dalle microalghe per realizzare il fotobioreattore stesso. Questa pratica esemplificherebbe un ciclo di economia circolare, in cui le microalghe diventano sia il prodotto che il contenitore.

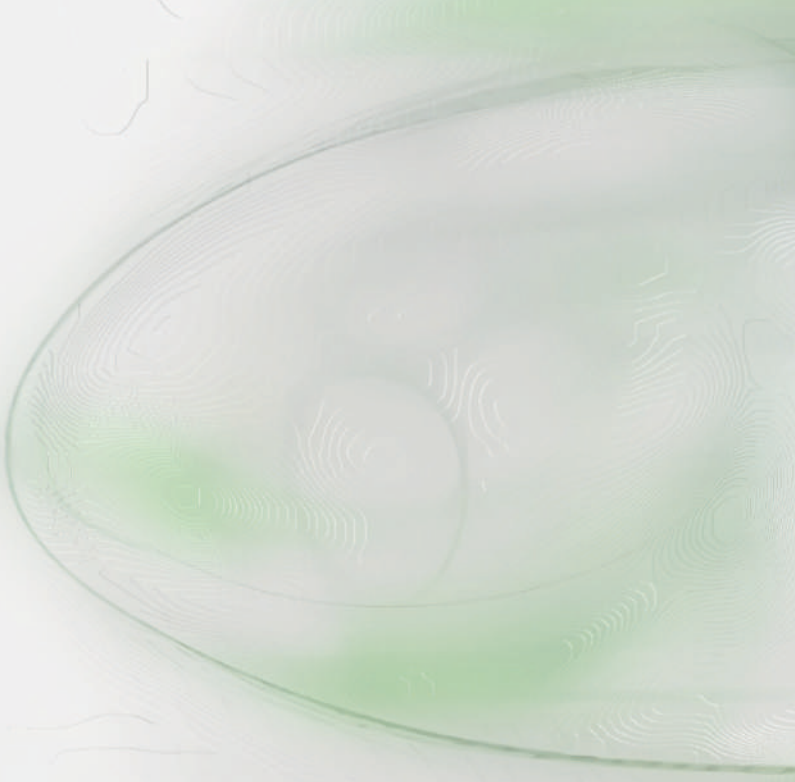
Il lato comunicativo offre ulteriori opportunità. Ampliando la presenza online, attraverso il sito web e i canali social, SPIRA potrebbe diventare un punto di riferimento per informazioni, curiosità e guide sulle microalghe. L'obiettivo è avvicinare un pubblico ampio, incoraggiando una community di appassionati e professionisti a condividere esperienze e consigli.

Il rapporto tra microalghe e design è un territorio ancora largamente inesplorato, ricco di opportunità soprattuto nel

contesto urbano. Considerando gli alti livelli di CO2 nelle aree urbane, i fotobioreattori di microalghe potrebbero essere strategicamente posizionati come installazioni temporanee o permanenti in luoghi come facciate di edifici, rotatorie, incroci, gallerie o lampioni. Questi dispositivi, se corredati di sensori, potrebbero dar vita a una rete interconnessa urbana, con un'efficienza distribuita su scala estesa piuttosto che centralizzata.
Un esempio plausibile potrebbe vedere fotobioreattori connessi a punti di raccolta di rifiuti organici, sfruttando l'alta emissione di CO2 durante la decomposizione per alimentare le microalghe. In questo modo, i rifiuti potrebbero contribuire attivamente alla purificazione dell'aria e alla generazione di biomassa.

Nel panorama contemporaneo e futuro, l'intersezione tra design, arte e scienza rimane una delle più stimolanti simbiosi creative. La scienza, con la sua incessante indagine sulla realtà e la sua capacità di indagare e innovare, fornisce agli artisti e ai designer nuovi materiali, strumenti e prospettive. Allo stesso modo, il design e l'arte possono interpretare e figurare questi concetti in maniera tangibile e accessibile, diffondendoli più ampiamente nel tessuto sociale. Questo tipo di intersezione non solo porta alla creazione di opere o prodotti all’avanguardia, ma coinvolge anche il discorso culturale, stimolando la società a riflettere e interagire con temi complessi attraverso l'esperienza estetica.

06. BIBLIOGRAFIA



06. BIBLIOGRAFIA

1. Morton, T. (2018). *Iperoggetti*. NERO.

2. Maldonado, T. (1971). *La speranza progettuale: ambiente e società*. Einaudi.

3. Papanek, V. (2019). *Design for the real world*. Thames & Hudson.

4. Morton, T. (2022). *Humankind. Solidarietà ai non umani*. NERO.

5. De Giuli, M., & Porcelluzzi, N. (2021). *Medusa. Storie dalla fine del mondo (per come lo conosciamo)*. NERO.

6. Valenti, A., & Pasquero, C. (2021). *The second life of micro-organisms. Bio-digital design for a new ecology of space and behaviour*. 9, 42-53. https://doi.org/10.19229/2464-9309/942021

7. Page, J. (2021). *Decolonizing science in Latin American art*. UCL Press.

8. https://www.gp-award.com/en/produkte/phytosphere

9. https://www.photosynthetica.co.uk/biobombola

10. Pasquero, C., & Poletto, M. (2023). *Biodesign in the age of artificial intelligence: Deep Green*. Taylor & Francis.

11. https://www.softrobotics.io/

12. https://news.mit.edu/2016/oxygen-first-appearance-earth-atmosphere-0513

13. Cadoret, J.-P., Garnier, M., & Saint-Jean, B. (2012). *Microalgae, Functional Genomics and Biotechnology. In Advances in Botanical Research* (Vol. 64, pp. 285-341). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391499-6.00008-6

14. https://encyclopedia.pub/entry/22579

15. https://www.bbc.com/travel/article/20210111-how-mexico-is-reclaiming-spirulina

16. Bridle, J. (2019). *Nuova era oscura*. NERO.

17. https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/graph.html

18. https://www.carbonbrief.org/analysis-global-co2-emissions-from-fossil-fuels-hit-record-high-in-2022/

19. https://climateprimer.mit.edu/climate-change

20. Ali Maghzian, Alireza Aslani, & Zahedi, R. (2022). *Review on the direct air CO2 capture by microalgae: Bibliographic mapping*. Energy Reports, 8, 3337-3349. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.02.125

21. Blair, M. F., Kokabian, B., & Gude, V. G. (2014). *Light and growth medium effect on Chlorella vulgaris biomass production.* Journal of Environmental Chemical Engineering, 2(1), 665-674. https://doi.org/10.1016/j.jece.2013.11.005

22. Legrand, J., Legrand, J., Artu, A., & Pruvost, J. (2021). *A review on photobioreactor design and modelling for microalgae production.* Reaction Chemistry and Engineering, 6(7), 1134-1151. https://doi.org/10.1039/d0re00450b

23. Deprá, M. C., Severo, I. A., Dias, R. R., Zepka, L. Q., & Jacob-Lopes, E. (2021). *Photobioreactor design for microalgae culture.* 35-61. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-821218-9.00002-5

24. Khan, M. I., Shin, J. H., & Kim, J. D. (2018). *The promising future of microalgae: Current status, challenges, and optimization of*

a sustainable and renewable industry for biofuels, feed, and other products. Microbial Cell Factories, 17(1), 36-36. https://doi.org/10.1186/s12934-018-0879-x

25. Elrayies, G. M. (2018). *Microalgae: Prospects for greener future buildings*. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 81, 1175-1191. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.032

26. Valenti, A., & Pasquero, C. (2021). *The second life of micro-organisms. Bio-digital design for a new ecology of space and behaviour*. 9, 42-53. https://doi.org/10.19229/2464-9309/942021

27. Farida, H., Harahap, P. S., Sobari, R., Gunawan, R., Rahman, D. Y., & Susilaningsih, D. (2019). *Outdoor Closed System of Algal Mass Culture: In Sight of Comparison on Vertical and Horizontal Photobioreactor for Cultivating the Spirulina sp*. Reaktor, 19(2), 54-61. https://doi.org/10.14710/reaktor.19.2.54-61

28. Dineshkumar, R., Narendran, R., & Sampathkumar, P. (s.d.). *Cultivation of Spirulina platensis in different selective media*.

29. https://www.instructables.com/Laserweld-Your-Own-Inflatables/

30. https://www.transmediaresearch.institute/summer-school-2023/biofabricated-soft-robots-and-inflatables